

PATENT
Docket No.: 12219/47

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

APPLICANT : Toshihide Nozawa

SERIAL NO. : Unsigned

FILED : Herewith

FOR : IMAGE-FORMATION OPTICAL SYSTEM, AND IMAGING SYSTEM

COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. BOX 1450
Alexandria, VA 22313-1450
ATTN: Manager, Application Division

CLAIM TO CONVENTION PRIORITY UNDER 35 U.S.C. § 119

SIR:

The Convention Priority Date of Japanese Patent Application No. 2003-101506 filed in Japan on April 4, 2003, was claimed in the Declaration/Power of Attorney filed herewith. To complete the claim to the Convention Priority Date of said Japanese Patent Applications, a certified copy thereof is submitted herewith.

Respectfully submitted,


John C. Altmiller
(Reg. No. 25,951)

Dated: April 5, 2004

KENYON & KENYON
1500 K Street, N.W., Suite 700
Washington, DC 20005-1257
Tel: (202) 220-4200
Fax: (202) 220-4201
488995_1.DOC

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 4月 4日
Date of Application:

出願番号 特願 2003-101506
Application Number:

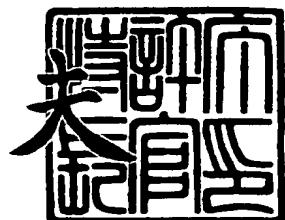
[ST. 10/C] : [JP 2003-101506]

出願人 オリンパス株式会社
Applicant(s):

2003年12月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康



【書類名】

特許願

【整理番号】

03P00584

【提出日】

平成15年 4月 4日

【あて先】

特許庁長官殿

【国際特許分類】

G02B 13/00

【発明者】

【住所又は居所】 長野県岡谷市長地柴宮3丁目15番1号

オリンパスオプトテクノロジー株式会社内

【氏名】 野沢 敏秀

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097777

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅澤 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100088041

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部龍吉

【選任した代理人】

【識別番号】 100092495

【弁理士】

【氏名又は名称】 蝶川昌信

【選任した代理人】

【識別番号】 100092509

【弁理士】

【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結像光学系及びそれを用いた撮像装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置されてなることを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1記載の結像光学系。

$$0.95 < \sum d / f < 1.25 \quad \dots (1)$$

ただし、 $\sum d$ 第1正メニスカスレンズの物体側の面から第3負レンズの像面側の面までの光軸上の距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 3】 前記第1正メニスカスレンズが以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2記載の結像光学系。

$$0.3 < r_1 / f < 0.6 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_1 は第1正メニスカスレンズの物体側面の光軸上曲率半径、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 4】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から3の何れか1項記載の結像光学系。

$$0.5 < f_{12} / |f_3| < 1 \quad \dots (3)$$

$$0.7 < |f_3| / f < 1.8 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{12} は第1正メニスカスレンズと第2正レンズの合成焦点距離、 f_3 は第3負レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 5】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から4の何れか1項記載の結像光学系。

$$-1 < EXP / f < -0.5 \quad \dots (5)$$

ただし、EXP は無限遠物点に対する結像光学系の結像位置を基準とした近軸射出瞳位置であり、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 6】 前記非球面を有する第2正レンズは、プラスチックレンズからなることを特徴とする請求項1から5の何れか1項記載の結像光学系。

【請求項 7】 前記非球面を有する第3負レンズは、プラスチックレンズからなることを特徴とする請求項1から6の何れか1項記載の結像光学系。

【請求項 8】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から7の何れか1項記載の結像光学系。

$$0.98 < \Sigma d / f < 1.20 \quad \dots (1-1)$$

ただし、 Σd 第1正メニスカスレンズの物体側の面から第3負レンズの像面側の面までの光軸上の距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 9】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から8の何れか1項記載の結像光学系。

$$0.32 < r_1 / f < 0.55 \quad \dots (2-1)$$

ただし、 r_1 は第1正メニスカスレンズの物体側面の光軸上曲率半径、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 10】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から9の何れか1項記載の結像光学系。

$$0.53 < f_{12} / |f_3| < 0.96 \quad \dots (3-1)$$

ただし、 f_{12} は第1正メニスカスレンズと第2正レンズの合成焦点距離、 f_3 は第3負レンズの焦点距離である。

【請求項 11】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から10の何れか1項記載の結像光学系。

$$0.75 < |f_3| / f < 1.3 \quad \dots (4-1)$$

ただし、 f_3 は第3負レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 12】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から11の何れか1項記載の結像光学系。

$$-0.8 < \text{EXP} / f < -0.6 \quad \dots (5-1)$$

ただし、 EXP は無限遠物点に対する結像光学系の結像位置を基準とした近軸射出瞳位置であり、 f は全系の焦点距離である。

【請求項 13】 屈折力を持つレンズが、前記の第1正メニスカスレンズ、第2正レンズ、第3負レンズの3つのレンズのみであることを特徴とする請求項1から12の何れか1項記載の結像光学系。

【請求項14】 請求項1から13の何れか1項記載の結像光学系と、その像側に配された電子撮像素子を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項15】 半画角を ω とし、全画角 2ω が以下の条件を満足することを特徴とする請求項14記載の撮像装置。

$$55^\circ < 2\omega < 70^\circ \quad \dots (6)$$

【請求項16】 以下の条件式を満足することを特徴とする請求項15記載の撮像装置。

$$60^\circ < 2\omega < 67^\circ \quad \dots (6-1)$$

【請求項17】 物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記明るさ絞りは、光軸が通過する開口形状が固定されており、かつ、開口部の外周面を像面側程光軸に近づくように傾斜させたことを特徴とする撮像装置。

【請求項18】 物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系と前記撮像素子を保持し、かつ、前記明るさ絞りを同一樹脂材で一体成形したレンズ枠を備えていることを特徴とする撮像装置。

【請求項19】 物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、少なくとも前記第3負レンズの外周に、物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜部を設け、前記レンズ枠に前記傾斜部が当接していることを特徴とする撮像装置。

【請求項20】 物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、前記第1正メニスカスレンズの形状が入射側から見たときに円形であり、前記第3負レンズの形状が、入射側から見た

ときに撮像素子の有効撮像領域の短辺方向に対応する方向の長さが有効撮像領域の長辺方向に対応する長さよりも短いことを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結像光学系とそれを用いた撮像装置に関するものであり、特に、C C DやC M O S等の固体撮像素子等を用いたデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話や、パソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等の撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、銀塩フィルムに代わり、C C DやC M O Sのような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラの中、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像装置では、特に小型、軽量化が求められている。

【0003】

このような撮像装置に用いる結像光学系として、従来よりレンズ枚数を1枚若しくは2枚で構成したものがある。しかしながら、これらは、収差論で明らかのように、像面湾曲が補正できず高い性能は望めないことは既に知られている。そのため、高性能を満たすには3枚以上のレンズで構成することが必要である。

【0004】

一方、C C Dの場合、結像レンズ系から射出された軸外光束が像面に対して余りに大きな角度で入射すると、マイクロレンズの集光性能が十分に発揮されず、画像の明るさが画像中央部と画像周辺部で極端に変化するという問題が生じてしまう。そのため、C C Dへの光線入射角、すなわち、射出瞳位置が設計上重要である。枚数の少ない光学系の場合には、明るさ絞りの位置が重要になる。

【0005】

これらの問題を考慮したものとして、フロント絞りのトリプレットタイプがあげられる。そのような結像レンズとして、特許文献1、特許文献2、特許文献3

、特許文献4、特許文献5、特許文献6等で開示されている。

【0006】

【特許文献1】

特開平1-144007号公報

【0007】

【特許文献2】

特開平2-191907号公報

【0008】

【特許文献3】

特開平4-153612号公報

【0009】

【特許文献4】

特開平5-188284号公報

【0010】

【特許文献5】

特開平9-288235号公報

【0011】

【特許文献6】

特開2001-75006号公報

【0012】

【特許文献7】

特開昭55-73014号公報

【0013】

【特許文献8】

特開平1-307712号公報

【0014】

【特許文献9】

特開平4-16811号公報

【0015】

【特許文献10】

特開2001-100090号公報

【0016】

【特許文献11】

特開2001-174701号公報

【0017】

【特許文献12】

特開2001-183578号公報

【0018】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、これらの先行例は、次に示すように様々な問題点があった。

【0019】

特許文献1、特許文献2、特許文献3、特許文献4、特許文献5では、第1正レンズは何れも両凸形状であるので、軸外光線のコマ収差、非点収差の補正が難しくなっていた。そのため、何れも半画角が25°程度であった。また、そこに高屈折率のガラスを用いないと、光学性能を十分に満足させることができないので、低コスト化、軽量化を達成することも困難であった。

【0020】

特許文献6では、第1正レンズを像側に凸のメニスカス形状にして上記の影響を軽減している。しかしながら、全長は大きく、小型化を達成しているとは言えなかった。

【0021】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系及びそれを用いた撮像装置を提供することである。

【0022】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の結像光学系は、物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非

球面を有する第3負レンズの順に配置されてなることを特徴とするものである。

【0023】

以下に、本発明において、上記のような構成をとる理由と作用を説明する。

【0024】

3枚で構成されている撮像光学系は、正負正のトリプレット型が一般に知られている。しかし、全長を短くするには、特許文献7等で知られているテレフォト型の方が有利である。

【0025】

テレフォト型で枚数の少ない光学系としては、特許文献8や特許文献9等の2枚構成のものが知られているが、これら2枚構成の光学系は、主にフィルム付きカメラ用の撮影レンズとして提案されたものであり、光学性能上デジタルカメラに使用することはできない。

【0026】

また、特許文献10、特許文献11、特許文献12では、負正構成のレトロフォーカスタイルで2枚構成のデジタルカメラ等に使用する光学系が提案されているが、光学性能上せいぜい30万画素クラスのデジタルカメラにしか使用することができない上、レトロフォーカスタイルであるため、全長短縮も困難である。

【0027】

そこで、本発明では、テレフォト型を採用することで小型化を狙い、100万画素クラスのデジタルカメラにも耐え得る性能を確保するため、レンズ構成を正負の3枚構成とする。

【0028】

そして、撮像素子であるCCDへの光線入射角を小さくするために、明るさ絞りを最も物体側に配置している。射出瞳位置が物体側に遠くなるようにレンズのパワーを構成すればよいが、本発明においては枚数が少ないので、明るさ絞りの位置を物体側に配置するのが最も効果的である。

【0029】

また、第1正レンズは、物体側に正パワーの強い曲面を持つメニスカスレンズとしている。この構成により、第1正レンズの主点位置を物体側に移動させるこ

とができる、全長短縮に有利な構成になる。

【0030】

また、第2正レンズと第3負レンズには、非球面を採用し、主に、第2正レンズの非球面で球面収差、第3負レンズの非球面で像面湾曲と歪曲収差を補正している。

【0031】

特に、明るさ絞りを最も物体側に配置すると、絞りに対して一方にしかレンズがないので、像面湾曲や歪曲収差等の軸外収差を補正するのが難しい。そこで、第3負レンズは両面共非球面にすることにより軸外収差を良好に補正することができる。

【0032】

また、以下の条件式を満たすことで高画角でレンズ全長の短い光学系が達成できる。

【0033】

$$0.95 < \sum d / f < 1.25 \quad \dots (1)$$

ただし、 $\sum d$ 第1正メニスカスレンズの物体側の面から第3負レンズの像面側の面までの光軸上の距離、 f は全系の焦点距離である。

【0034】

この条件 (1) の上限の 1.25 を越えると、レンズ全長が大きくなってしまう、下限の 0.95 を越えると、焦点距離が長くなり、画角が狭くなってしまう。

【0035】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0036】

$$0.98 < \sum d / f < 1.20 \quad \dots (1-1)$$

また、以下の条件式は高性能でレンズ全長の短い光学系を達成するための条件である。

【0037】

$$0.3 < r_1 / f < 0.6 \quad \dots (2)$$

ただし、 r_1 は第1正メニスカスレンズの物体側面の光軸上曲率半径、 f は全系の焦点距離である。

【0038】

この条件 (2) の上限の 0. 6 を越えて、第1正メニスカスレンズの物体側面の曲率半径が緩くなると、第1正メニスカスの主点位置が像面側になるので、全長を短縮するためには各レンズのパワーを強くしなければならず、十分な性能を出すのが困難となる。下限の 0. 3 を越えると、全長短縮には有利であるが、その第1面により発生する球面収差の補正が困難となる。

【0039】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0040】

$$0.32 < r_1 / f < 0.55 \quad \dots (2-1)$$

この光学系は、第1正レンズと第2正レンズにおける正のパワーと、第3負レンズにおける負のパワーにより、テレフォトタイプの光学系となっているものである。下記の2つの条件式は、このテレフォトタイプの正パワーと負パワーの程度に設定し、全長と性能をバランス良く保つための条件である。

【0041】

$$0.5 < f_{12} / |f_3| < 1 \quad \dots (3)$$

$$0.7 < |f_3| / f < 1.8 \quad \dots (4)$$

ただし、 f_{12} は第1正メニスカスレンズと第2正レンズの合成焦点距離、 f_3 は第3負レンズの焦点距離、 f は全系の焦点距離である。

【0042】

条件式 (3) の上限の 1、下限の 0. 5 を外れると、テレフォトタイプを構成する正のパワーと負のパワーとのバランスが崩れ、全長の増大や性能が劣化することになる。

【0043】

また、条件式 (4) の上限の 1. 8 を越えると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが弱くなるので、全長短縮に不利である。下限の 0. 7 を越えると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが強くなりすぎ、それに伴い正のパワー

も強くしなければならず、各レンズで発生する収差が増大することになり、性能を確保するのが困難となる。

【0044】

なお好ましくは、次の条件式の少なくとも何れかを満たすのがよい。

【0045】

$$0.53 < f_{12} / |f_3| < 0.96 \quad \dots \quad (3-1)$$

$$0.75 < |f_3| / f < 1.3 \quad \dots \quad (4-1)$$

ところで、撮像素子にCCDを用いる場合、光学系から射出された軸外光束が像面に対して余りに大きな角度で入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化する、いわゆるシェーディングという現象が起きてしまう。一方、像面に対して小さい角度で入射させるとこの問題は軽減されるが、今度は光学系の全長が大きくなってしまう。そのため、次の条件式を満たすのがよい。

【0046】

$$-1 < \text{EXP} / f < -0.5 \quad \dots \quad (5)$$

ただし、EXPは無限遠物点に対する結像光学系の結像位置を基準とした近軸射出瞳位置であり、fは全系の焦点距離である。

【0047】

条件式(5)の上限の-0.5を越えると、全長が大きくなってしまう。下限の-1を越えると、CCDへの入射角が大きくなりすぎ、画像周辺部の明るさが低下してしまう。

【0048】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0049】

$$-0.8 < \text{EXP} / f < -0.6 \quad \dots \quad (5-1)$$

本発明の結像光学系において、非球面を有する第2正レンズと非球面を有する第3負レンズの何れか一方あるいは双方がプラスチックレンズからなることが望ましい。

【0050】

また、結像光学系の屈折力を持つレンズが、第1正メニスカスレンズ、第2正

レンズ、第3負レンズの3つのレンズのみからなることが望ましい。

【0051】

本発明は、以上の何れかの結像光学系と、その像側に配された電子撮像素子を備えた電子撮像装置を含むものである。

【0052】

そして、半画角を ω とし、全画角 2ω が以下の条件を満足するのがよい。

【0053】

$$55^\circ < 2\omega < 70^\circ \quad \dots (6)$$

条件式(6)の下限値の 55° を越えると、撮像画角が余り大きくなることになり、一方、上限の 70° を越えると、軸外収差が出やすくなり、少ないレンズ枚数では補正が難しくなる。

【0054】

なお好ましくは、次の条件式を満たすのがよい。

【0055】

$$60^\circ < 2\omega < 67^\circ \quad \dots (6-1)$$

また、本発明の撮像装置としては、物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記明るさ絞りは、光軸が通過する開口形状が固定されており、かつ、開口部の外周面を像面側程光軸に近づくように傾斜させたことを特徴とするものとして構成することができる。

【0056】

この構成の撮像装置の作用を説明すると、明るさ絞り周辺面での反射光が結像光学系の内部に入射すると、ゴースト、フレアといった現象が起こりやすくなる。特に、本発明のように、物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された小型の結像光学系では、撮像素子の撮像面も小さくなるため、相対的に明るさ絞りの外周面での反射光の影響が大きくなる。

【0057】

そこで、本発明では、最も物体側に明るさ絞りが配されることを利用して、明るさ絞りの開口部の外周面を像面側程光軸に近づくように、最軸外光束の入射角以上の傾斜角で傾斜させた固定形状としている。

【0058】

このような構成により、開口部の外周面で反射した光束が撮像素子に入射し難くなり、フレア、ゴーストの影響を低減することが可能になる。

【0059】

また、本発明の撮像装置として、物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系と前記撮像素子を保持し、かつ、前記明るさ絞りを同一樹脂材で一体成形したレンズ枠を備えていることを特徴とするものとして構成することができる。

【0060】

この構成の撮像装置の作用を説明すると、本発明の結像光学系は、明るさ絞りが最も物体側に位置する構成であるため、この絞り以降の各々のレンズは像側に配されるレンズ程有効面が大きくなる。したがって、これらのレンズを保持するレンズ枠を形成が容易な同一樹脂で一体成形することで、枠の像面側からレンズを挿入することでレンズの位置決めができるようになるので、製造が容易となる。

【0061】

その際に、レンズ枠に明るさ絞りの構成を一体化させることで、製造工程を大幅に削減し、かつ、このレンズ枠自体に撮像素子の保持機能を備えさせることで、枠内へごみが進入し難い構成とすることが可能となる。

【0062】

また、本発明の撮像装置として、物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、少なくとも前記第3負レ

ンズの外周に、物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜部を設け、前記レンズ枠に前記傾斜部が当接していることを特徴とするものとして構成することができる。

【0063】

この構成の撮像装置の作用を説明すると、本発明の結像光学系は、明るさ絞りが最も物体側に位置する構成であるため、この絞り以降の各々のレンズは像側に配されるレンズ程有効面が大きくなる。このことは特に第3負レンズで顕著となる。したがって、上述の構成とすることで、軸外光束に沿ったレンズ外形となり、ケラレを抑えつつ小型化し、枠の像面側からレンズを挿入することでレンズの位置決めができるようになるので、製造が容易となる。

【0064】

さらには、第1正メニスカスレンズの外周に物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜部を設け、上記レンズ枠にその傾斜部が当接するようにしてもよい。

【0065】

また、本発明の撮像装置として、物体側から順に、明るさ絞り、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズ、非球面を有する第2正レンズ、非球面を有する第3負レンズの順に配置された結像光学系、及び、その像側に配された撮像素子を有し、前記結像光学系を保持するレンズ枠を備え、前記第1正メニスカスレンズの形状が入射側から見たときに円形であり、前記第3負レンズの形状が、入射側から見たときに撮像素子の有効撮像領域の短辺方向に対応する方向の長さが有効撮像領域の長辺方向に対応する長さよりも短いことを特徴とするものとして構成することができる。

【0066】

この構成の撮像装置の作用を説明すると、本発明の結像光学系は、明るさ絞りが最も物体側に位置する構成であるため、この絞り以降の各々のレンズは像側に配されるレンズ程有効面が大きくなる。また、有効光束は、像面側程撮像素子の有効撮像領域の形状に近づいてくる。したがって、上述の構成とすることで、有効光束に沿ったレンズ外形となり、ケラレを抑えつつ小型化ができる。

【0067】

なお、以上の各条件式に共通して、各条件式範囲をより限定した下位の条件式の上限値のみ、又は、下限値のみをその上位の条件式の上限値あるいは下限値として限定するようにしてもよい。

【0068】

また、以上の条件式は、任意に複数を組み合わせることで、より本発明の効果を高めることができる。

【0069】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の結像光学系の実施例1～5について説明する。実施例1～5の無限遠物点合焦時のレンズ断面図をそれぞれ図1～図5に示す。図中、明るさ絞りはS、第1正レンズはL1、第2正レンズはL2、第3負レンズはL3、電子撮像素子のカバーガラスはCG、像面はIで示してある。なお、カバーガラスCGの表面に波長域制限用の多層膜を施してもよい。また、そのカバーガラスCGにローパスフィルター作用を持たせるようにしてもよい。

【0070】

実施例1の結像光学系は、図1に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、物体側に凸面を向けた物体側面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凸の像面側面非球面の第2正レンズL2、両凹の両面非球面の第3負レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1～第3レンズL3は全てプラスチックから構成されている。

【0071】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.83\text{ mm}$ 、像高 2.30 mm であり、Fナンバー = 2.98、全画角 $2\omega = 63.0^\circ$ の結像光学系である。

【0072】

実施例2の結像光学系は、図2に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、物体側に凸面を向けた物体側面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凸の像面側面非球面の第2正レンズL2、両凹の両面非球面の第3負レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1～第3レンズL3は全てプラスチックから構成されている。

【0073】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.79\text{ mm}$ 、像高 2.30 mm であり、F ナンバー = 2.92、全画角 $2\omega = 62.4^\circ$ の結像光学系である。

【0074】

実施例3の結像光学系は、図3に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、物体側に凸面を向けた物体側面非球面の第1正メニスカスレンズL1、両凸の像面側面非球面の第2正レンズL2、両凹の両面非球面の第3負レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1～第3レンズL3は全てプラスチックから構成されている。

【0075】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.85\text{ mm}$ 、像高 2.30 mm であり、F ナンバー = 2.96、全画角 $2\omega = 61.7^\circ$ の結像光学系である。

【0076】

実施例4の結像光学系は、図4に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズL1、物体側に凸面を向けた両面非球面の第2正メニスカスレンズL2、物体側に凸面を向けた両面非球面の第3負メニスカスレンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1はガラス、第2レンズL2～第3レンズL3はプラスチックから構成されている。

【0077】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.83\text{ mm}$ 、像高 2.30 mm であり、F ナンバー = 2.74、全画角 $2\omega = 61.8^\circ$ の結像光学系である。

【0078】

実施例5の結像光学系は、図5に示すように、物体側から順に、明るさ絞りS、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズL1、両凸の像面側面非球面の第2正レンズL2、両凹の両面非球面の第3負レンズL3、カバーガラスCGから構成されている。本実施例では、第1レンズL1はガラス、第2レンズL2～第3レンズL3はプラスチックから構成されている。

【0079】

また、本実施例の仕様は、焦点距離 $f = 3.55\text{ mm}$ 、像高 2.30 mm であり、F ナンバー = 2.80、全画角 $2\omega = 65.2^\circ$ の結像光学系である。

【0080】

以下に、上記各実施例の数値データを示すが、記号は上記の外、 $r_1, r_2 \dots$ は各レンズ面の曲率半径、 $d_1, d_2 \dots$ は各レンズ面間の間隔、 $n_{d1}, n_{d2} \dots$ は各レンズの d 線の屈折率、 $\nu_{d1}, \nu_{d2} \dots$ は各レンズのアッベ数である。なお、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

【0081】

$$x = (y^2/r) / [1 + \{1 - (K+1)(y/r)^2\}^{1/2}] + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8$$

ただし、 r は光軸上の曲率半径、 K は円錐係数、 A_4, A_6, A_8 はそれぞれ 4 次、 6 次、 8 次の非球面係数である。

【0082】

実施例 1

$r_1 = \infty$ (絞り)	$d_1 = 0.10$	
$r_2 = 1.365$ (非球面)	$d_2 = 0.63$	$n_{d1} = 1.50913 \quad \nu_{d1} = 56.20$
$r_3 = 2.622$	$d_3 = 0.46$	
$r_4 = 2.750$	$d_4 = 0.70$	$n_{d2} = 1.50913 \quad \nu_{d2} = 56.20$
$r_5 = -47.775$ (非球面)	$d_5 = 0.60$	
$r_6 = -5.474$ (非球面)	$d_6 = 0.62$	$n_{d3} = 1.57268 \quad \nu_{d3} = 33.51$
$r_7 = 2.645$ (非球面)	$d_7 = 0.40$	
$r_8 = \infty$	$d_8 = 0.50$	$n_{d4} = 1.51633 \quad \nu_{d4} = 64.14$
$r_9 = \infty$		

非球面係数

第 2 面

$$K = -0.664$$

$$A_4 = 7.93801 \times 10^{-3}$$

$$A_6 = 1.59402 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -2.69710 \times 10^{-3}$$

第5面

$$K = 612.567$$

$$A_4 = -2.69780 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -1.22057 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 4.19450 \times 10^{-2}$$

第6面

$$K = -43.850$$

$$A_4 = -4.22561 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = -5.25463 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -7.90009 \times 10^{-2}$$

第7面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -2.59494 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 5.15201 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -4.92327 \times 10^{-3}$$

。

【0083】

実施例2

$r_1 = \infty$ (絞り)	$d_1 = 0.10$	
$r_2 = 1.313$ (非球面)	$d_2 = 0.84$	$n_{d1} = 1.50913 \quad \nu_{d1} = 56.20$
$r_3 = 1.488$	$d_3 = 0.14$	
$r_4 = 2.106$	$d_4 = 0.80$	$n_{d2} = 1.50913 \quad \nu_{d2} = 56.20$
$r_5 = -5.751$ (非球面)	$d_5 = 0.38$	
$r_6 = -11.293$ (非球面)	$d_6 = 0.93$	$n_{d3} = 1.57268 \quad \nu_{d3} = 33.51$
$r_7 = 2.159$ (非球面)	$d_7 = 0.50$	
$r_8 = \infty$	$d_8 = 0.50$	$n_{d4} = 1.51633 \quad \nu_{d4} = 64.14$
$r_9 = \infty$		

非球面係数

第2面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.44484 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = -5.44446 \times 10^{-5}$$

$$A_8 = 0$$

第5面

$$K = 4.258$$

$$A_4 = -1.33824 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 4.38330 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 0$$

第6面

$$K = 0.000$$

$$A_4 = -3.99293 \times 10^{-1}$$

$$A_6 = 2.75894 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -5.61639 \times 10^{-2}$$

第7面

$$K = -16.238$$

$$A_4 = -7.90754 \times 10^{-2}$$

$$A_6 = 1.64359 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = -1.28594 \times 10^{-3}$$

。

【0084】

実施例3

$$r_1 = \infty \text{ (絞り)} \quad d_1 = 0.10$$

$$r_2 = 1.295 \text{ (非球面)} \quad d_2 = 0.81 \quad n_{d1} = 1.50913 \quad \nu_{d1} = 56.20$$

$$r_3 = 1.468 \quad d_3 = 0.15$$

$$r_4 = 2.126 \quad d_4 = 0.83$$

$$r_5 = -6.380 \text{ (非球面)} \quad d_5 = 0.38$$

$r_6 = -10.735$ (非球面) $d_6 = 0.90$ $n_{d3} = 1.50913$ $\nu_{d3} = 56.20$
 $r_7 = 1.967$ (非球面) $d_7 = 0.50$
 $r_8 = \infty$ $d_8 = 0.50$ $n_{d4} = 1.51633$ $\nu_{d4} = 64.14$
 $r_9 = \infty$

非球面係数

第2面

$K = 0.000$

$A_4 = -3.71837 \times 10^{-2}$

$A_6 = 7.63558 \times 10^{-3}$

$A_8 = 0$

第5面

$K = -5.446$

$A_4 = -1.27985 \times 10^{-1}$

$A_6 = 5.14883 \times 10^{-2}$

$A_8 = 0$

第6面

$K = 0.000$

$A_4 = -4.20900 \times 10^{-1}$

$A_6 = 3.44052 \times 10^{-2}$

$A_8 = -5.77484 \times 10^{-2}$

第7面

$K = -13.683$

$A_4 = -8.08690 \times 10^{-2}$

$A_6 = 1.71290 \times 10^{-2}$

$A_8 = -1.33388 \times 10^{-3}$

。

【0085】

実施例4

$r_1 = \infty$ (絞り) $d_1 = 0.10$

r ₂ =	1.564	d ₂ =	0.80	n _{d1} = 1.56384	v _{d1} = 60.67
r ₃ =	3.773	d ₃ =	0.24		
r ₄ =	7.599 (非球面)	d ₄ =	0.80	n _{d2} = 1.50913	v _{d2} = 56.20
r ₅ =	14.647 (非球面)	d ₅ =	0.52		
r ₆ =	2.891 (非球面)	d ₆ =	0.96	n _{d3} = 1.50913	v _{d3} = 56.20
r ₇ =	1.382 (非球面)	d ₇ =	0.50		
r ₈ =	∞	d ₈ =	0.50	n _{d4} = 1.51633	v _{d4} = 64.14
r ₉ =	∞				

非球面係数

第4面

K = -109.458

A₄ = -2.05429 × 10⁻²

A₆ = 0

A₈ = 0

第5面

K = -1000.000

A₄ = -7.44229 × 10⁻²

A₆ = 7.88033 × 10⁻²

A₈ = 0

第6面

K = 1.208

A₄ = -3.88181 × 10⁻¹

A₆ = 1.90917 × 10⁻¹

A₈ = -7.73931 × 10⁻²

第7面

K = -7.065

A₄ = -8.13811 × 10⁻²

A₆ = 2.21922 × 10⁻²

A₈ = -3.71919 × 10⁻³

。

【0086】

実施例5

r ₁ =	∞ (絞り)	d ₁ =	0.10	
r ₂ =	1.781	d ₂ =	0.70	n _{d1} = 1.77250 ν _{d1} = 49.60
r ₃ =	2.507	d ₃ =	0.66	
r ₄ =	2.129	d ₄ =	0.60	n _{d2} = 1.50913 ν _{d2} = 56.20
r ₅ =	-43.514 (非球面)	d ₅ =	0.51	
r ₆ =	-17.179 (非球面)	d ₆ =	0.60	n _{d3} = 1.57268 ν _{d3} = 33.51
r ₇ =	2.468 (非球面)	d ₇ =	0.50	
r ₈ =	∞	d ₈ =	0.50	n _{d4} = 1.51633 ν _{d4} = 64.14
r ₉ =	∞			

非球面係数

第5面

K = 1000.000

A₄ = 7.54185 × 10⁻²A₆ = -2.75072 × 10⁻²A₈ = 0

第6面

K = -1000.000

A₄ = -2.70404 × 10⁻¹A₆ = 8.62262 × 10⁻²A₈ = -4.41128 × 10⁻²

第7面

K = 0.000

A₄ = -1.98374 × 10⁻¹A₆ = 4.98813 × 10⁻²A₈ = -5.21494 × 10⁻³

。

【0087】

上記実施例 1～5 の無限遠にフォーカシングした場合の球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す収差図をそれぞれ図 6～図 10 示す。

【0088】

上記各実施例は小型でありながら、図 6～図 10 の収差図に示すように、良好な画像が得られている。

【0089】

次に、上記各実施例における条件 (1)～(6) の値を示す。

【0090】

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
(1)	1.02	1.08	1.06	1.13	1.15
(2)	0.36	0.35	0.34	0.41	0.50
(3)	0.93	0.90	0.89	0.56	0.76
(4)	0.79	0.81	0.83	1.73	1.05
(5)	-0.64	-0.65	-0.65	-0.63	-0.72
(6)	63.0°	62.4°	61.7°	61.8°	65.2°

【0091】

また、本発明の以上の実施例において、非球面レンズは全てプラスチックで構成されているが、ガラスで構成で構成するようにしてもよい。例えば何れかの実施例のプラスチックより屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能を達成できるのは言うまでもない。また、特殊低分散ガラスを用いれば、色収差の補正に効果があるのは言うまでもない。特にプラスチックで構成する場合には、低吸湿材料を用いることにより、環境変化による性能劣化が軽減されるので好ましい（例えば、日本ゼオン社のゼオネックス（商品名）等がある）。

【0092】

また、ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り S 以外にフレア絞りを配置してもよい。以上の実施例において、明るさ絞り S から第 1 レンズ L 1 間、第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 間、第 2 レンズ L 2 と第 3 レンズ L 3 間、第 3 レンズ L 3 と像面 I 間の何れの場所にフレア絞りを配置してもよい

。また、枠によりフレア光線をカットするように構成してもよいし、別の部材を用いてフレア絞りを構成してもよい。また、光学系に直接印刷しても、塗装しても、シール等を接着しても構わない。また、その形状は、円形、橙円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でも構わない。また、有害光束をカットするだけでなく、画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしてもよい。

【0093】

また、各レンズには、反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減しても構わない。マルチコートであれば、効果的にゴースト、フレアを軽減できるので望ましい。また、赤外カットコートをレンズ面、カバーガラス等に行ってもよい。

【0094】

また、ピント調節を行うためにフォーカシングを行うようにしてもよい。レンズ系全体を繰り出してフォーカスを行ってもよいし、一部のレンズを繰り出すか、若しくは、繰り込みをしてフォーカスするようにしてもよい。

【0095】

また、画像周辺部の明るさ低下をCCDのマイクロレンズをシフトすることにより軽減するようにしてもよい。例えば、各像高における光線の入射角に合わせて、CCDのマイクロレンズの設計を変えてよい。また、画像処理により画像周辺部の低下量を補正するようにしてもよい。

【0096】

図11は、上記実施例1の結像光学系5とその像面Iに配置されるCCDユニット6と、樹脂材で一体成形したレンズ枠7に固定する構成例の、結像光学系5の光軸を含みCCDユニット6の像面Iの対角方向に取った断面図であり、明るさ絞りSは樹脂製のレンズ枠7に一体成形している。このようにすると、結像光学系5を保持するレンズ枠7の製造が容易になる。また、レンズ枠7に明るさ絞りSの構成を一体化させることで、製造工程を大幅に削減し、また、このレンズ枠7自体に撮像素子のCCDを含むCCDユニット6の保持機能を備えさせることで、レンズ枠7内へごみ等が進入し難くなる。

【0097】

また、図11から明らかなように、結像光学系5の第1正レンズL1、第3負レンズL3の各々の外周8に、物体側程光軸に近づくよう傾斜させた傾斜面を設け、レンズ枠7にその傾斜面を当接して固定可能にすることにより、レンズ枠7へ像面側からレンズL1、L2を落とし込んで位置決め固定できるようになる。

【0098】

また、図12に模式的分解斜視図を示すように、プラスチックで成形したレンズ枠7内に保持される結像光学系の第1正レンズL1の形状は、第1正レンズL1、第2正レンズL2は入射側からみて円形、第3負レンズL3は円形のレンズを基に、その上部と下部を切削した小判型の形状をしている。そして、第1正レンズL1、第3負レンズL3の外周8は絞りS側に傾斜している。レンズ枠7の内面もその傾きに対応して傾斜して成形されている。

【0099】

このように、第1正レンズL1の形状を入射側からみて円形、第3負レンズL3の形状を、入射側から見たときに撮像素子のCCDの有効撮像領域の短辺方向に対応する方向の長さがその有効撮像領域の長辺方向に対応する長さよりも短いものに構成することにより、結像光学系の第1正レンズL1、第2正レンズL2、第3負レンズL3を有効光束に沿ったレンズ外形にすることができ、ケラレを抑えつつ小型化ができる。なお、この例でも、レンズ枠7内に結像光学系5の第1正レンズL1、第3負レンズL3の各々の外周8の傾斜面を当接して固定せらるようにして、レンズ枠7内に像面側からレンズL1、L3を落とし込んで位置決め固定できる。

【0100】

また、明るさ絞りSの開口の周辺面は、図11の断面図に示すように、レンズL1側に傾いて構成することが望ましく、その明るさ絞りSの開口の周辺面を、有効光束よりも傾斜角が大きく、実質的に最もレンズ側の角部が絞りの役目をするようにすることで、明るさ絞りSの開口部の外周面で反射した光束が撮像素子のCCDに入射し難くなり、フレア、ゴーストの影響を低減することが可能になる。

【0101】

ところで、以上の各実施例において、前記のように、カバーガラスCGの入射面側に近赤外シャープカットコートを施してもよい。この近赤外シャープカットコートは、波長600nmでの透過率が80%以上、波長700nmでの透過率が10%以下となるように構成する。具体的には、例えば次のような27層の層構成からなる多層膜である。ただし、設計波長は780nmである。

【0102】

基 板	材質	物理的膜厚 (nm)	$\lambda/4$
第1層	Al ₂ O ₃	58.96	0.50
第2層	TiO ₂	84.19	1.00
第3層	SiO ₂	134.14	1.00
第4層	TiO ₂	84.19	1.00
第5層	SiO ₂	134.14	1.00
第6層	TiO ₂	84.19	1.00
第7層	SiO ₂	134.14	1.00
第8層	TiO ₂	84.19	1.00
第9層	SiO ₂	134.14	1.00
第10層	TiO ₂	84.19	1.00
第11層	SiO ₂	134.14	1.00
第12層	TiO ₂	84.19	1.00
第13層	SiO ₂	134.14	1.00
第14層	TiO ₂	84.19	1.00
第15層	SiO ₂	178.41	1.33
第16層	TiO ₂	101.03	1.21
第17層	SiO ₂	167.67	1.25
第18層	TiO ₂	96.82	1.15
第19層	SiO ₂	147.55	1.05
第20層	TiO ₂	84.19	1.00

第21層	SiO ₂	160.97	1.20
第22層	TiO ₂	84.19	1.00
第23層	SiO ₂	154.26	1.15
第24層	TiO ₂	95.13	1.13
第25層	SiO ₂	160.97	1.20
第26層	TiO ₂	99.34	1.18
第27層	SiO ₂	87.19	0.65

空 気

【0103】

上記の近赤外シャープカットコートの透過率特性は図13に示す通りである。

【0104】

また、ローパスフィルターの射出面側には、図14に示すような短波長域の色の透過を低減する色フィルターを設けるか若しくはコーティングを行うことで、より一層電子画像の色再現性を高めている。

【0105】

具体的には、このフィルター若しくはコーティングにより、波長400nm～700nmで透過率が最も高い波長の透過率に対する420nmの波長の透過率の比が15%以上であり、その最も高い波長の透過率に対する400nmの波長の透過率の比が6%以下であることが好ましい。

【0106】

それにより、人間の目の色に対する認識と、撮像及び再生される画像の色とのずれを低減させることができる。言い換えると、人間の視覚では認識され難い短波長側の色が、人間の目で容易に認識されることによる画像の劣化を防止することができる。

【0107】

上記の400nmの波長の透過率の比が6%を越えると、人間の目では認識され難い短波長域が認識し得る波長に再生されてしまい、逆に、上記の420nmの波長の透過率の比が15%よりも小さいと、人間の認識し得る波長域の再生が

低くなり、色のバランスが悪くなる。

【0108】

このような波長を制限する手段は、補色モザイクフィルターを用いた撮像系においてより効果を奏するものである。

【0109】

上記各実施例では、図14に示すように、波長400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を90%、440nmにて透過率のピーク100%となるコーティングとしている。

【0110】

前記した近赤外シャープカットコートとの作用の掛け合わせにより、波長450nmの透過率99%をピークとして、400nmにおける透過率を0%、420nmにおける透過率を80%、600nmにおける透過率を82%、700nmにおける透過率を2%としている。それにより、より忠実な色再現を行っている。

【0111】

また、ローパスフィルターは、像面上投影時の方位角度が水平（=0°）と±45°方向にそれぞれ結晶軸を有する3種類のフィルターを光軸方向に重ねて使用することができ、それについて、水平に $a \mu m$ 、±45°方向にそれぞれ $SQRT(1/2) \times a$ だけずらすことで、モアレ抑制を行うことができる。ここで、SQRRTはスクエアルートであり平方根を意味する。

【0112】

また、CCDの撮像面I上には、図15に示す通り、シアン、マゼンダ、イエロー、グリーン（緑）の4色の色フィルターを撮像画素に対応してモザイク状に設けた補色モザイクフィルターを設けている。これら4種類の色フィルターは、それぞれが略同じ数になるように、かつ、隣り合う画素が同じ種類の色フィルターに対応しないようにモザイク状に配置されている。それにより、より忠実な色再現が可能となる。

【0113】

補色モザイクフィルターは、具体的には、図15に示すように少なくとも4種

類の色フィルターから構成され、その4種類の色フィルターの特性は以下の通りであることが好ましい。

【0114】

グリーンの色フィルターGは波長 G_P に分光強度のピークを有し、イエローの色フィルター Y_e は波長 Y_P に分光強度のピークを有し、シアンの色フィルターCは波長 C_P に分光強度のピークを有し、マゼンダの色フィルターMは波長 M_{P1} と M_{P2} にピークを有し、以下の条件を満足する。

【0115】

$$510\text{ nm} < G_P < 540\text{ nm}$$

$$5\text{ nm} < Y_P - G_P < 35\text{ nm}$$

$$-100\text{ nm} < C_P - G_P < -5\text{ nm}$$

$$430\text{ nm} < M_{P1} < 480\text{ nm}$$

$$580\text{ nm} < M_{P2} < 640\text{ nm}$$

さらに、グリーン、イエロー、シアンの色フィルターはそれぞれの分光強度のピークに対して波長530 nmでは80%以上の強度を有し、マゼンダの色フィルターはその分光強度のピークに対して波長530 nmでは10%から50%の強度を有することが、色再現性を高める上でより好ましい。

【0116】

上記各実施例におけるそれぞれの波長特性の1例を図16に示す。グリーンの色フィルターGは525 nmに分光強度のピークを有している。イエローの色フィルター Y_e は555 nmに分光強度のピークを有している。シアンの色フィルターCは510 nmに分光強度のピークを有している。マゼンダの色フィルターMは445 nmと620 nmにピークを有している。また、530 nmにおける各色フィルターは、それぞれの分光強度のピークに対して、Gは99%、 Y_e は95%、Cは97%、Mは38%としている。

【0117】

このような補色フィルターの場合、図示しないコントローラー（若しくは、デジタルカメラに用いられるコントローラー）で、電気的に次のような信号処理を

行い、

輝度信号

$$Y = | G + M + Y_e + C | \times 1/4$$

色信号

$$R - Y = | (M + Y_e) - (G + C) |$$

$$B - Y = | (M + C) - (G + Y_e) |$$

の信号処理を経て R (赤) 、 G (緑) 、 B (青) の信号に変換される。

【0118】

ところで、上記した近赤外シャープカットコートの配置位置は、光路上のどの位置であってもよい。また、ローパスフィルターの枚数も 2 枚でも 1 枚でも構わない。

【0119】

本発明の撮像装置において、光量調整のために、明るさ絞り S を複数の絞り羽にて構成し、その開口形状を可変とすることで調整する可変絞りを用いてよい。図 17 は、開口時絞り形状の例を示す説明図、図 18 は、2 段絞り時の絞り形状の例を示す説明図である。図 17 、図 18 において、 O P は光軸、 D a は 6 枚の絞り板、 X a 、 X b は開口部を示している。本発明においては、絞りの開口形状を開放状態 (図 17) と、所定の条件を満たす F 値となる絞り値 (2 段絞り、図 18) の 2 種類のみとすることができる。

【0120】

又は、形状又は透過率の異なる形状固定の複数の明るさ絞りを設けたターレットを用いて、必要な明るさに応じて、何れかの明るさ絞りを結像光学系の物体側光軸上に配置する構成とすると、絞り機構の薄型化が図れる。また、そのターレット上に配された複数の明るさ絞りの開口の中の最も光量を低減させる開口に、他の明るさ絞りの透過率よりも低い透過率の光量低減フィルターを配する構成としてもよい。それにより、絞りの開口径を絞り込みすぎることがなくなり、絞りの開口径が小さいことにより発生する回折による結像性能の悪化を抑えることができる。

【0121】

この場合の1例の構成を示す斜視図を図19に示す。結像光学系の第1正レンズL1の物体側の光軸上の絞りSの位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10を配置している。

【0122】

ターレット10には、0段の調整をする開口形状が最大絞り径の円形で固定の空間からなる開口1A（波長550nmに対する透過率は100%）と、-1段補正するために開口1Aの開口面積の約半分の開口面積を有する開口形状が固定の透明な平行平板（波長550nmに対する透過率は99%）からなる開口1Bと、開口1Bと同じ面積の円形開口部を有し、-2段、-3段、-4段に補正するため、各々波長550nmに対する透過率が50%、25%、13%のNDフィルターが設けられた開口部1C、1D、1Eとを有している。

【0123】

そして、ターレット10に設けた回転軸11の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0124】

また、図19に示すターレット10に代えて、図20の正面図に示すターレット10'を用いることができる。結像光学系の第1正レンズL1の物体側の光軸上の絞りSの位置に、0段、-1段、-2段、-3段、-4段の明るさ調節を可能とするターレット10'を配置している。

【0125】

ターレット10'には、0段の調整をする開口形状が最大絞り径の円形で固定の開口1A'と、-1段補正するために開口1A'の開口面積の約半分となる開口面積を有する開口形状が固定の開口1B'と、さらに開口面積が順に小さくなり、-2段、-3段、-4段に補正するための形状が固定の開口部1C'、1D'、1E'とを有している。

【0126】

そして、ターレット10'に設けた回転軸11の周りの回動により何れかの開口を絞り位置に配することで光量調節を行っている。

【0127】

また、より薄型化のために、明るさ絞りSの開口を、形状、位置共に固定の絞りとし、光量調整は、撮像素子からの出力信号を電気的に調整するようにしもよい。また、レンズ系の他の空間、例えば第3負レンズL3とCCDカバーガラスCGの間にNDフィルターを抜き差して光量調整を行う構成としてもよい。図21はその1例を示す図であり、ターレット10"の開口1A"は素通し面又は中空の開口、開口1B"は透過率1/2のNDフィルター、開口1C"は透過率1/4のNDフィルター、開口1D"は透過率1/8のNDフィルター等を設けたターレット状のものを用い、中心の回転軸の周りの回動により何れかの開口を光路中の何れかの位置に配することで光量調節を行っている。

【0128】

また、光量調節のフィルターとして、光量ムラを抑えるように光量調節が可能なフィルター面を設けてもよい。例えば、暗い被写体に対しては中心部の光量確保を優先して透過率を均一とし、明るい被写体に対してのみ明るさムラを補うように、図22に示すように、同心円状に光量が中心程低下するフィルターを配する構成としてもよい。

【0129】

また、絞りSとしては、第1正レンズL1の入射面側の周辺部を黒塗りしたのもよい。

【0130】

また、本発明による撮像装置を、カメラ等のように映像を静止画として保存するものとする場合、光量調整のためのシャッターを光路中に配置するとよい。

【0131】

そのようなシャッターとしては、CCDの直前に配置したフォーカルプレーンシャッター、ロータリーシャッター、液晶シャッターでもよいし、開口絞り自体をシャッターとして構成してもよい。

【0132】

図23にシャッターの1例を示す。図23に示すものは、フォーカルプレーンシャッターの1つであるロータリーフォーカルプレーンシャッターの例であり、図23(a)は裏面側から見た図、図23(b)は表面側から見た図である。1

5はシャッター基板であり、像面の直前又は任意の光路位置に配される構成となっている。基板15には、光学系の有効光束を透過する開口部16が設けられている。17はロータリーシャッター幕である。18はロータリーシャッター幕17の回転軸であり、回転軸18は基板15に対して回転し、ロータリーシャッターモード17と一体化されている。回転軸18は基板15の表面のギヤ19、20と連結されている。このギヤ19、20は図示しないモーターと連結されている。

【0133】

このような構成において、図示しないモーターの駆動により、ギヤ19、20、回転軸18を介して、ロータリーシャッター幕17が回転軸18を中心に回転するように構成されている。

【0134】

このロータリーシャッター幕17は略半円型に構成され、回転により基板15の開口部16の遮蔽と退避を行い、シャッターの役割を果たしている。シャッタースピードはこのロータリーシャッター幕17の回転するスピードを変えることで調整される。

【0135】

図24 (a) ~ (d) は、ロータリーシャッター幕17が回転する様子を像面側からみた図である。時間を追って図の (a) 、 (b) 、 (c) 、 (d) 、 (a) の順で移動する。

【0136】

以上のように、レンズ系の異なる位置に形状が固定の開口絞りSと光量調整を行うフィルターあるいはシャッターを配置することにより、回折の影響を抑えて高画質を保ちつつ、フィルターやシャッターにより光量調整が行え、かつ、レンズ系の全長の短縮化も可能とした撮像装置を得ることができる。

【0137】

また、機械的なシャッターを用いずに、CCDの電気信号の一部を取り出して静止画を得るような電気的な制御で行う構成としてもよい。このような構成の1例を、図25、図26によりCCD撮像の動作を説明しながら説明する。図25は、インターレース式（飛び越し走査式）で信号の順次読み出しを行っているC

CD撮像の動作説明図である。図25において、Pa～Pcはフォトダイオードを用いた感光部、Va～VcはCCDによる垂直転送部、HaはCCDによる水平転送部である。Aフィールドは奇数フィールド、Bフィールドは偶数フィールドを示している。

【0138】

図25の構成では、基本動作が次のように行われる。すなわち、(1) 感光部で光による信号電荷の蓄積(光電変換)、(2) 感光部から垂直転送部への信号電荷のシフト(フィールドシフト)、(3) 垂直転送部での信号電荷の転送(垂直転送)、(4) 垂直転送部から水平転送部への信号電荷の転送(ラインシフト)、(5) 水平転送部での信号電荷の転送(水平転送)、(6) 水平転送部の出力端で信号電荷の検出(検出)。このような順次読み出しは、Aフィールド(奇数フィールド)とBフィールド(偶数フィールド)の何れか一方を用いて行うことができる。

【0139】

図25のインターレース式(飛び越し走査式)CCD撮像は、TV放送方式やアナログビデオ方式では、AフィールドとBフィールドの蓄積タイミングが1/60ずれている。これをそのままDSC(Digital Spectram Compatible)用画像としてフレーム画を構成すると、動きのある被写体の場合、二重像のようなブレを起こす。そこで、このタイプのCCD撮像では、A、Bフィールドを同時露光して隣接するフィールドの信号を混合する。そして、機械的なシャッターで露光終了時に湛光した後、AフィールドとBフィールドそれぞれ別々に読み出して信号を合成する方法が取られている。

【0140】

本発明においては、機械的なシャッターの役割をスミア防止用のみとして、Aフィールドのみの順次読み出し、あるいは、A、Bフィールドを同時混合読み出しすることにより、垂直解像度は低下するが、機械的なシャッターの駆動スピードに左右されず(電子的なシャッターのみでコントロールできるため)、高速シャッターを切ることができる。図25の例では、垂直転送部のCCDの数が感光部を構成するフォトダイオードの数の半分であるので、小型化しやすいという

利点がある。

【0141】

図26は、信号の順次読み出しをプログレッシブ式で行うCCD撮像の動作説明図である。図26において、Pd～Pfはフォトダイオードを用いた感光部、Vd～VfはCCDによる垂直転送部、HbはCCDによる水平転送部である。

【0142】

図26においては、画素の並び順に読み出すことができるので、電荷蓄積読み出し作業を全て電子的にコントロールすることができる。したがって、露光時間を（1／10000秒）程度に短くすることができる。図26の例では、図25の場合よりも垂直CCDの数が多く、小型化が困難という不利な点があるが、前記したような利点があるので、本発明においては、図25、図26の何れの方式も採用することができる。

【0143】

さて、以上のような本発明の撮像装置は、結像光学系で物体像を形成しその像をCCD等の撮像素子に受光させて撮影を行う撮影装置、とりわけデジタルカメラやビデオカメラ、情報処理装置の例であるパソコン、電話、特に持ち運びに便利な携帯電話等に用いることができる。以下に、その実施形態を例示する。

【0144】

図27～図29は、本発明による結像光学系をデジタルカメラの撮影光学系41に組み込んだ構成の概念図を示す。図27はデジタルカメラ40の外観を示す前方斜視図、図28は同後方斜視図、図29はデジタルカメラ40の構成を示す断面図である。デジタルカメラ40は、この例の場合、撮影用光路42を有する撮影光学系41、ファインダー用光路44を有するファインダー光学系43、シャッター45、フラッシュ46、液晶表示モニター47等を含み、カメラ40の上部に配置されたシャッター45を押圧すると、それに連動して撮影光学系41、例えば実施例1の結像光学系を通して撮影が行われる。撮影光学系41によって形成された物体像が、近赤外カットコートを設けローパスフィルター作用を持たせたカバーガラスCGを介してCCD49の撮像面上に形成される。このCCD49で受光された物体像は、処理手段51を介し、電子画像としてカメラ背面

に設けられた液晶表示モニター47に表示される。また、この処理手段51には記録手段52が接続され、撮影された電子画像を記録することもできる。なお、この記録手段52は処理手段51と別体に設けててもよいし、フロッピーディスクやメモリーカード、MO等により電子的に記録書込を行うように構成してもよい。また、CCD49に代わって銀塩フィルムを配置した銀塩カメラとして構成してもよい。

【0145】

さらに、ファインダー用光路44上にはファインダー用対物光学系53が配置してある。このファインダー用対物光学系53によって形成された物体像は、像正立部材であるポロプリズム55の視野枠57上に形成される。このポリプリズム55の後方には、正立正像にされた像を観察者眼球Eに導く接眼光学系59が配置されている。なお、撮影光学系41及びファインダー用対物光学系53の入射側、接眼光学系59の射出側にそれぞれカバー部材50が配置されている。

【0146】

このように構成されたデジタルカメラ40は、撮影光学系41が高性能で小型であるので、高性能・小型化が実現できる。

【0147】

なお、図29の例では、カバー部材50として平行平面板を配置しているが、パワーを持ったレンズを用いてもよい。

【0148】

次に、本発明の結像光学系が対物光学系として内蔵された情報処理装置の1例であるパソコンが図30～図32に示される。図30はパソコン300のカバーを開いた前方斜視図、図31はパソコン300の撮影光学系303の断面図、図32は図30の状態の側面図である。図30～図32に示されるように、パソコン300は、外部から操作者が情報を入力するためのキーボード301と、図示を省略した情報処理手段や記録手段と、情報を操作者に表示するモニター302と、操作者自身や周辺の像を撮影するための撮影光学系303とを有している。ここで、モニター302は、図示しないバックライトにより背面から照明する透過型液晶表示素子や、前面からの光を反射して表示する反射型液晶表示素子や、

CRTディスプレイ等であってよい。また、図中、撮影光学系303は、モニター302の右上に内蔵されているが、その場所に限らず、モニター302の周囲や、キーボード301の周囲のどこであってもよい。

【0149】

この撮影光学系303は、撮影光路304上に、本発明による結像光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらはパソコン300に内蔵されている。

【0150】

ここで、撮像素子チップ162上にはローパスフィルター作用を持たせたカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。

【0151】

撮像素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、パソコン300の処理手段に入力され、電子画像としてモニター302に表示される、図30には、その1例として、操作者の撮影された画像305が示されている。また、この画像305は、処理手段を介し、インターネットや電話を介して、遠隔地から通信相手のパソコンに表示されることも可能である。

【0152】

次に、本発明の結像光学系が撮影光学系として内蔵された情報処理装置の1例である電話、特に持ち運びに便利な携帯電話が図33に示される。図33（a）は携帯電話400の正面図、図33（b）は側面図、図33（c）は撮影光学系405の断面図である。図33（a）～（c）に示されるように、携帯電話400は、操作者の声を情報として入力するマイク部401と、通話相手の声を出力するスピーカ部402と、操作者が情報を入力する入力ダイアル403と、操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示するモニター404と、

撮影光学系405と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ406と、画像情報や通信情報、入力信号等の処理を行う処理手段（図示せず）とを有している。ここで、モニター404は液晶表示素子である。また、図中、各構成の配置位置は、特にこれらに限られない。この撮影光学系405は、撮影光路407上に配置された本発明による結像光学系（図では略記）からなる対物レンズ112と、物体像を受光する撮像素子チップ162とを有している。これらは、携帯電話400に内蔵されている。

【0153】

ここで、撮像素子チップ162上にはローパスフィルター作用を持たせたカバーガラスCGが付加的に貼り付けられて撮像ユニット160として一体に形成され、対物レンズ112の鏡枠113の後端にワンタッチで嵌め込まれて取り付け可能になっているため、対物レンズ112と撮像素子チップ162の中心合わせや面間隔の調整が不要であり、組立が簡単となっている。また、鏡枠113の先端には、対物レンズ112を保護するためのカバーガラス114が配置されている。

【0154】

撮影素子チップ162で受光された物体像は、端子166を介して、図示していない処理手段に入力され、電子画像としてモニター404に、又は、通信相手のモニターに、又は、両方に表示される。また、通信相手に画像を送信する場合、撮像素子チップ162で受光された物体像の情報を、送信可能な信号へと変換する信号処理機能が処理手段には含まれている。

【0155】

以上の各実施例は、前記の特許請求の範囲の構成に合わせて種々変更することができる。

【0156】

【発明の効果】

本発明により、高性能で小型な結像光学系とそれを用いた小型で高性能の撮像装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の結像光学系の実施例1の無限遠物点合焦時のレンズ断面図である。

【図2】

実施例2の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図3】

実施例3の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図4】

実施例4の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図5】

実施例5の結像光学系の図1と同様のレンズ断面図である。

【図6】

実施例1の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図7】

実施例2の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図8】

実施例3の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図9】

実施例4の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図10】

実施例5の無限遠物点合焦時の収差図である。

【図11】

実施例1の結像光学系とその像面に配置されるCCDとを樹脂材で一体成形したレンズ枠に固定する構成例の断面図である。

【図12】

結像光学系の第3負レンズを小判型の形状にする場合の模式的分解斜視図である。

【図13】

近赤外シャープカットコートの一例の透過率特性を示す図である。

【図14】

ローパスフィルターの射出面側に設ける色フィルターの一例の透過率特性を示す図である。

【図15】

補色モザイクフィルターの色フィルター配置を示す図である。

【図16】

補色モザイクフィルターの波長特性の一例を示す図である。

【図17】

絞りの開口形状を開放状態としたことを示す図である。

【図18】

絞りの開口形状を2段絞りとした状態を示す図である。

【図19】

形状と透過率の異なる形状固定の複数の明るさ絞りを設けたターレットを配置した本発明の結像光学系の構成を示す斜視図である。

【図20】

図19に示すターレットに代わる別のターレットを示す正面図である。

【図21】

本発明において利用可能な別のターレット状の光量調整フィルターを示す図である。

【図22】

光量ムラを抑えるフィルターの例を示す図である。

【図23】

ロータリーフォーカルプレーンシャッターの例を示す裏面図と表面図である。

【図24】

図23のシャッターのロータリーシャッター幕が回転する様子を示す図である。

【図25】

インターレース式CCD撮像の動作説明図である。

【図26】

プログレッシブ式CCD撮像の動作説明図である

【図27】

本発明による結像光学系を組み込んだデジタルカメラの外観を示す前方斜視図である。

【図28】

図27のデジタルカメラの後方斜視図である。

【図29】

図27のデジタルカメラの断面図である。

【図30】

本発明による結像光学系が対物光学系として組み込まれたパソコンのカバーを開いた前方斜視図である。

【図31】

パソコンの撮影光学系の断面図である。

【図32】

図30の状態の側面図である。

【図33】

本発明による結像光学系が対物光学系として組み込まれた携帯電話の正面図、側面図、その撮影光学系の断面図である。

【符号の説明】

S …明るさ絞り

L 1 …第1正レンズ

L 2 …第2正レンズ

L 3 …第3負レンズ

C G …カバーガラス

I …像面

O P …光軸

D a …絞り板

X a、X b …開口部

P a ~ P f …感光部

V a ~ V f …垂直転送部

H a、H b…水平転送部

E …観察者眼球

1 A、1 B、1 C、1 D、1 E…開口

1 A'、1 B'、1 C'、1 D'、1 E'…開口

1 A''、1 B''、1 C''、1 D''…開口

5…結像光学系

6…CCDユニット

7…レンズ枠

8…レンズ外周

1 0…ターレット

1 0'…ターレット

1 0''…ターレット

1 1…回転軸

1 5…シャッター基板

1 6…開口部

1 7…ロータリーシャッター幕

1 8…回転軸

1 9、2 0…ギヤ

2 1…平行平板

2 2…平行平板

2 3…平行平板の前面

4 0…デジタルカメラ

4 1…撮影光学系

4 2…撮影用光路

4 3…ファインダー光学系

4 4…ファインダー用光路

4 5…シャッター

4 6…フラッシュ

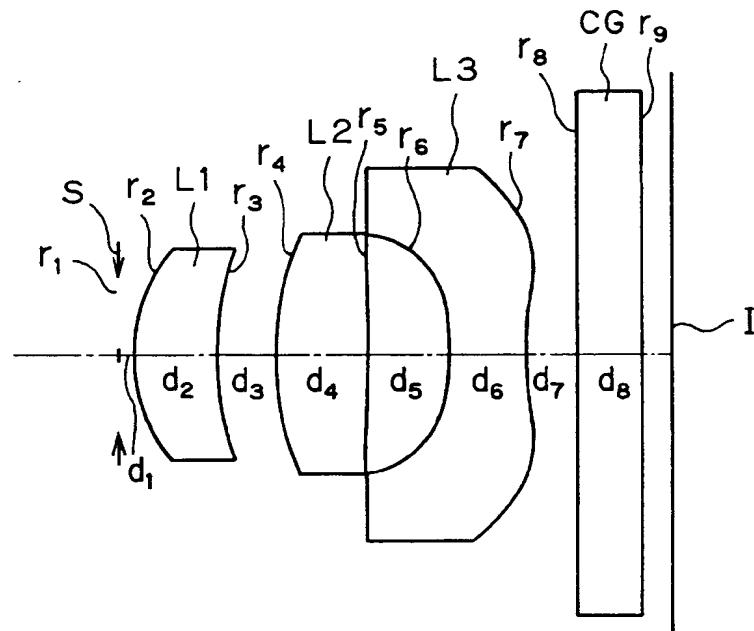
4 7…液晶表示モニター

4 9 … CCD
5 0 … カバー部材
5 1 … 処理手段
5 2 … 記録手段
5 3 … ファインダー用対物光学系
5 5 … ポロプリズム
5 7 … 視野枠
5 9 … 接眼光学系
1 1 2 … 対物レンズ
1 1 3 … 鏡枠
1 1 4 … カバーガラス
1 6 0 … 撮像ユニット
1 6 2 … 撮像素子チップ
1 6 6 … 端子
3 0 0 … パソコン
3 0 1 … キーボード
3 0 2 … モニター
3 0 3 … 撮影光学系
3 0 4 … 撮影光路
3 0 5 … 画像
4 0 0 … 携帯電話
4 0 1 … マイク部
4 0 2 … スピーカ部
4 0 3 … 入力ダイアル
4 0 4 … モニター
4 0 5 … 撮影光学系
4 0 6 … アンテナ
4 0 7 … 撮影光路

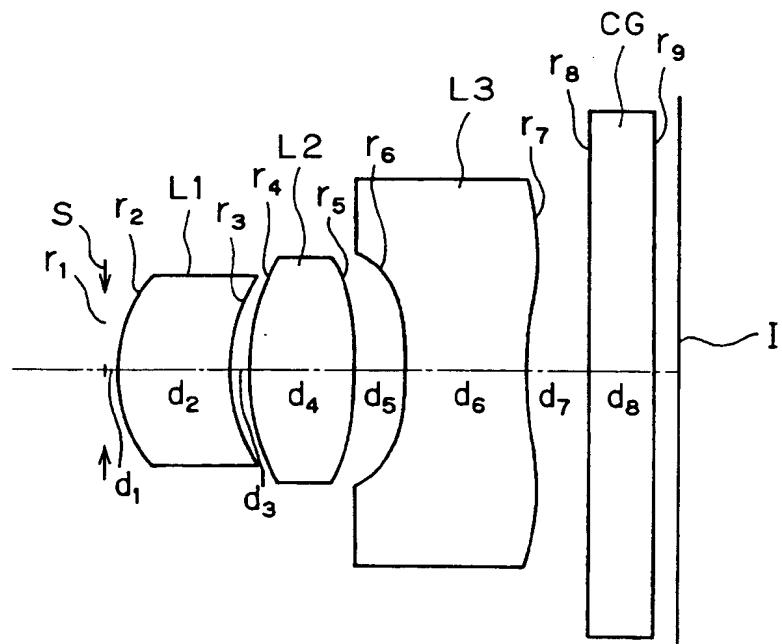
【書類名】

図面

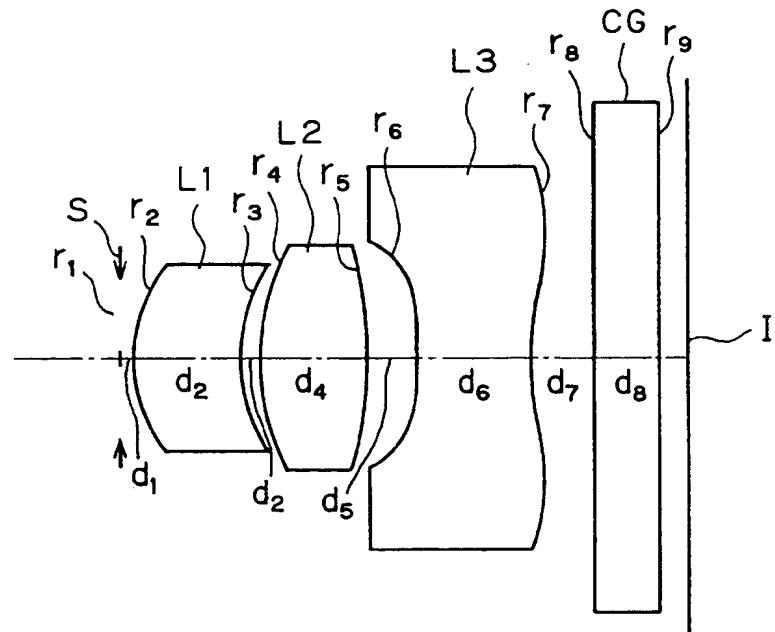
【図 1】



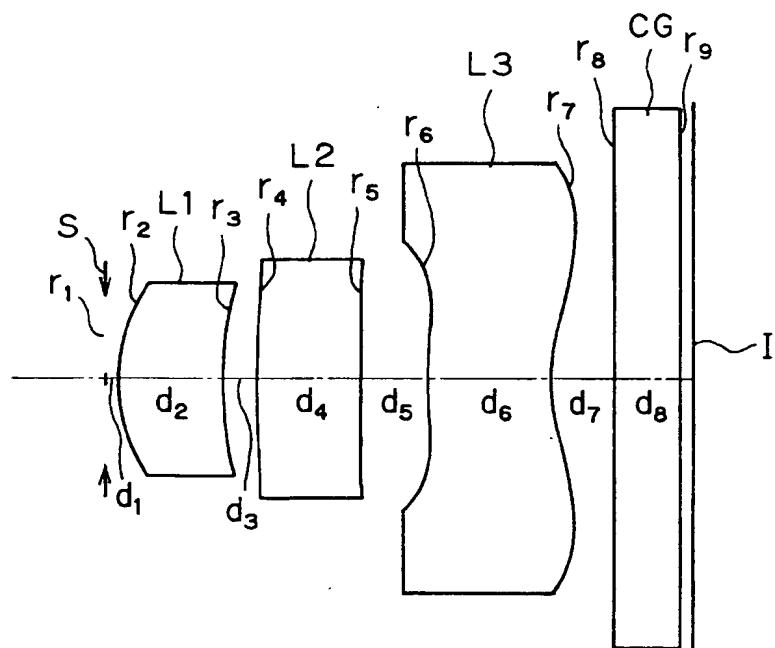
【図 2】



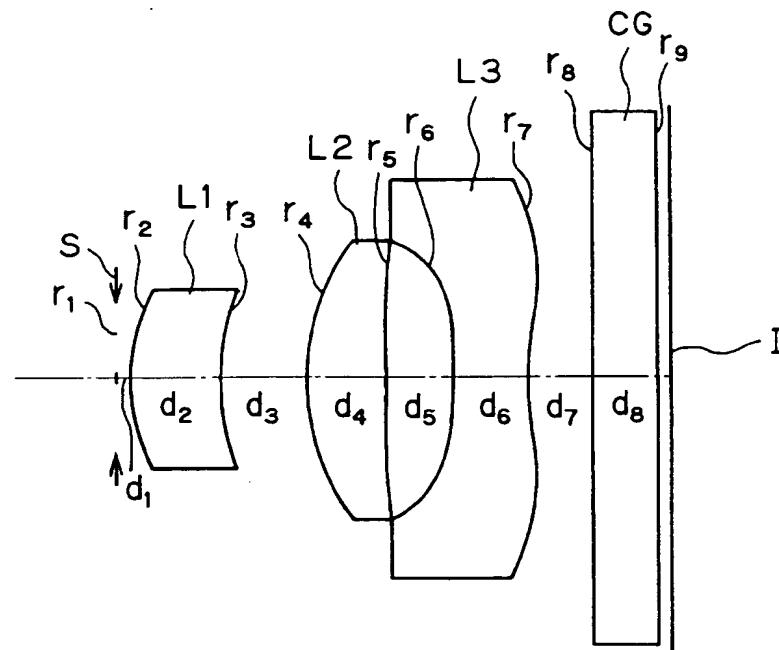
【図3】



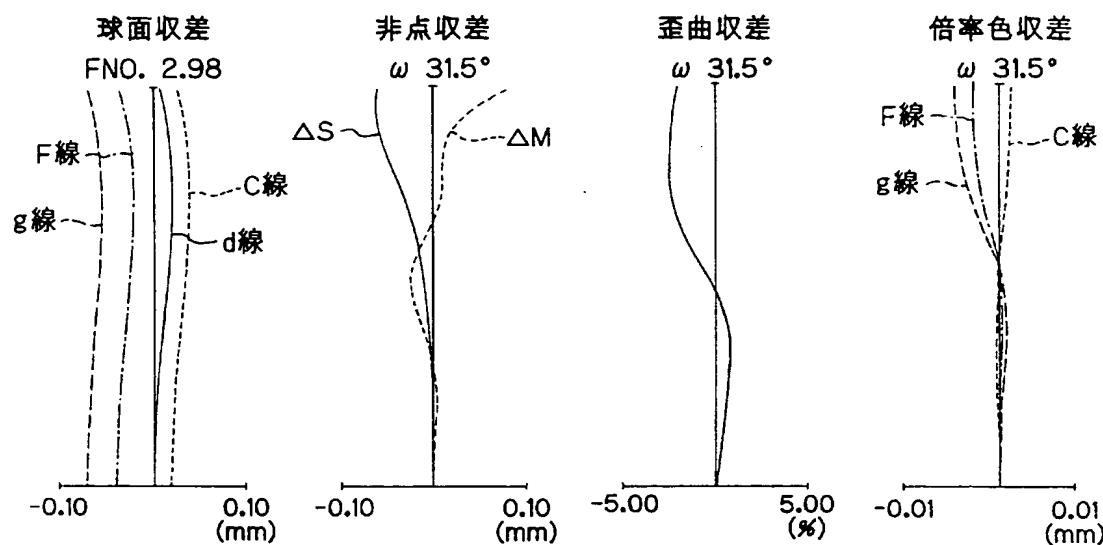
【図4】



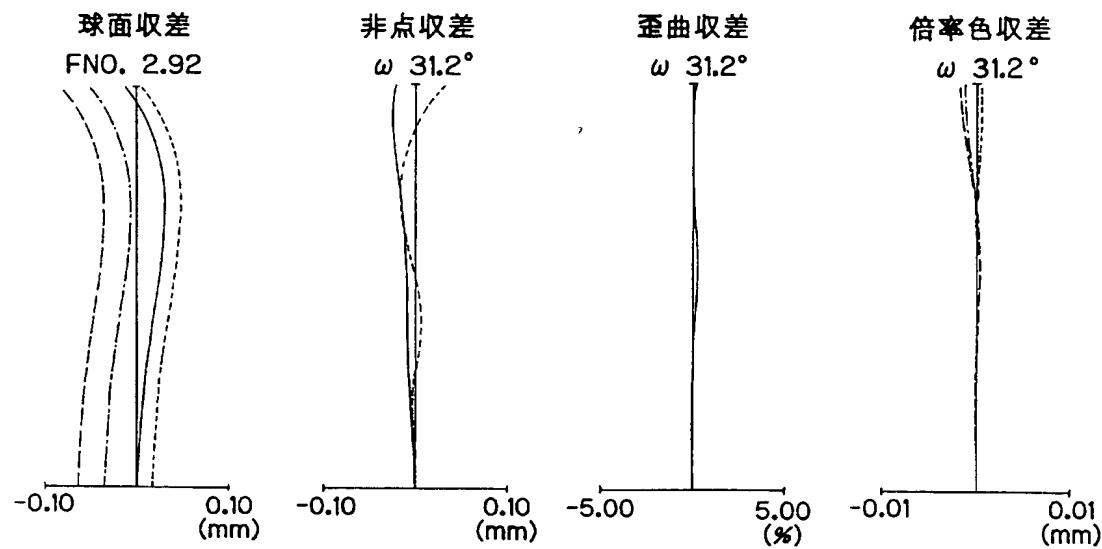
【図5】



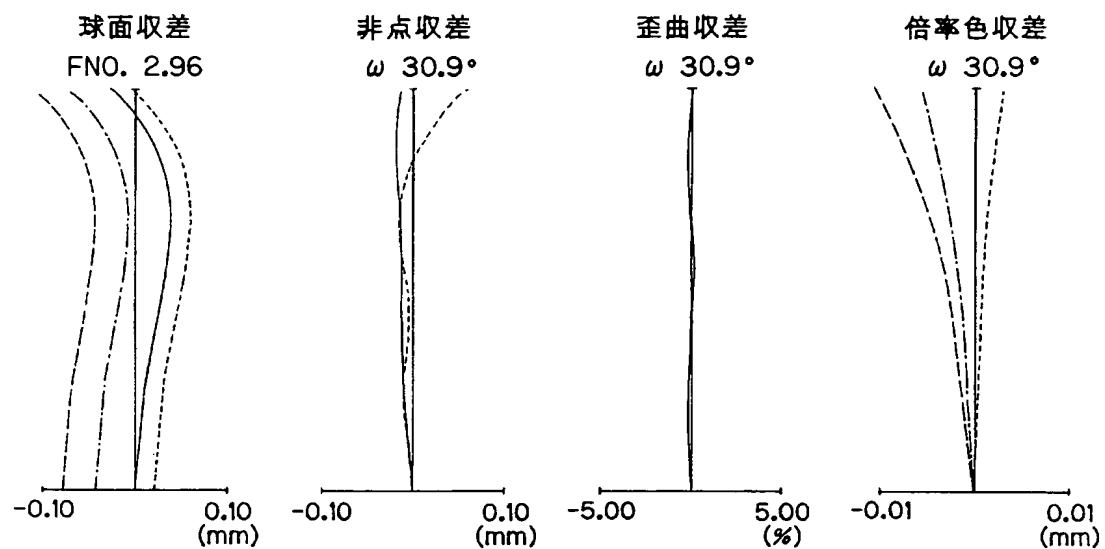
【図6】



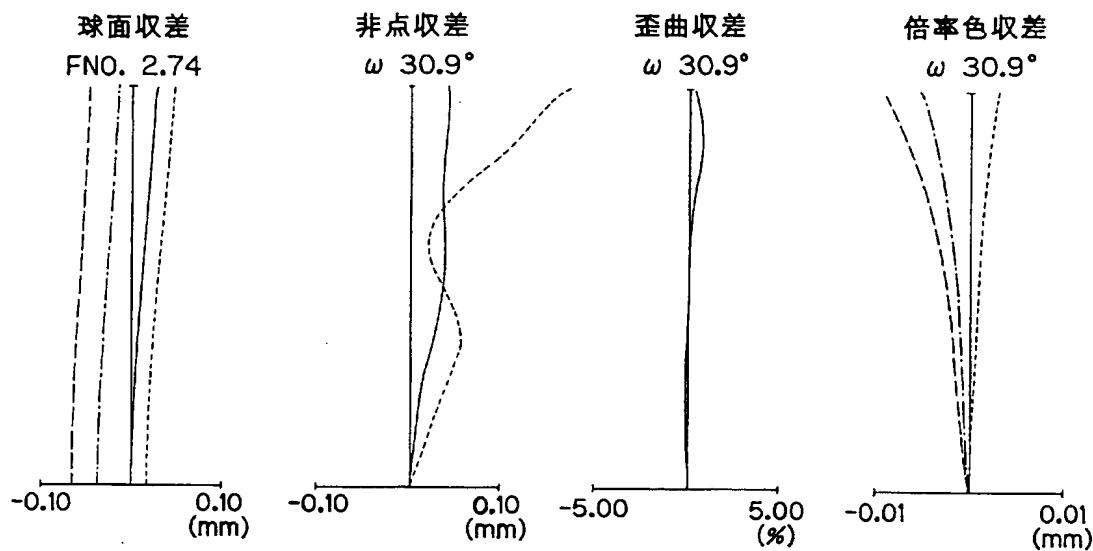
【図7】



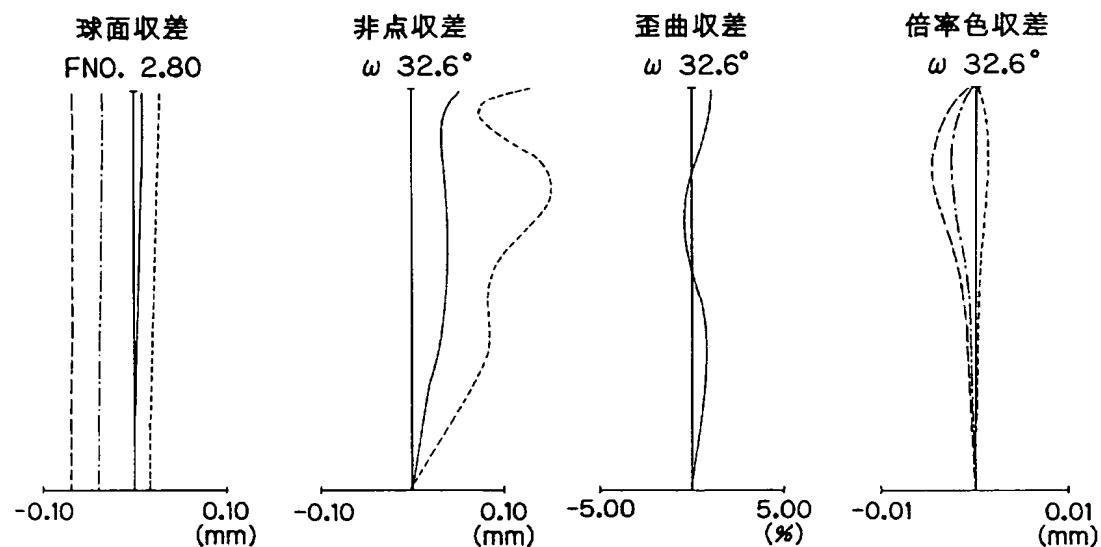
【図8】



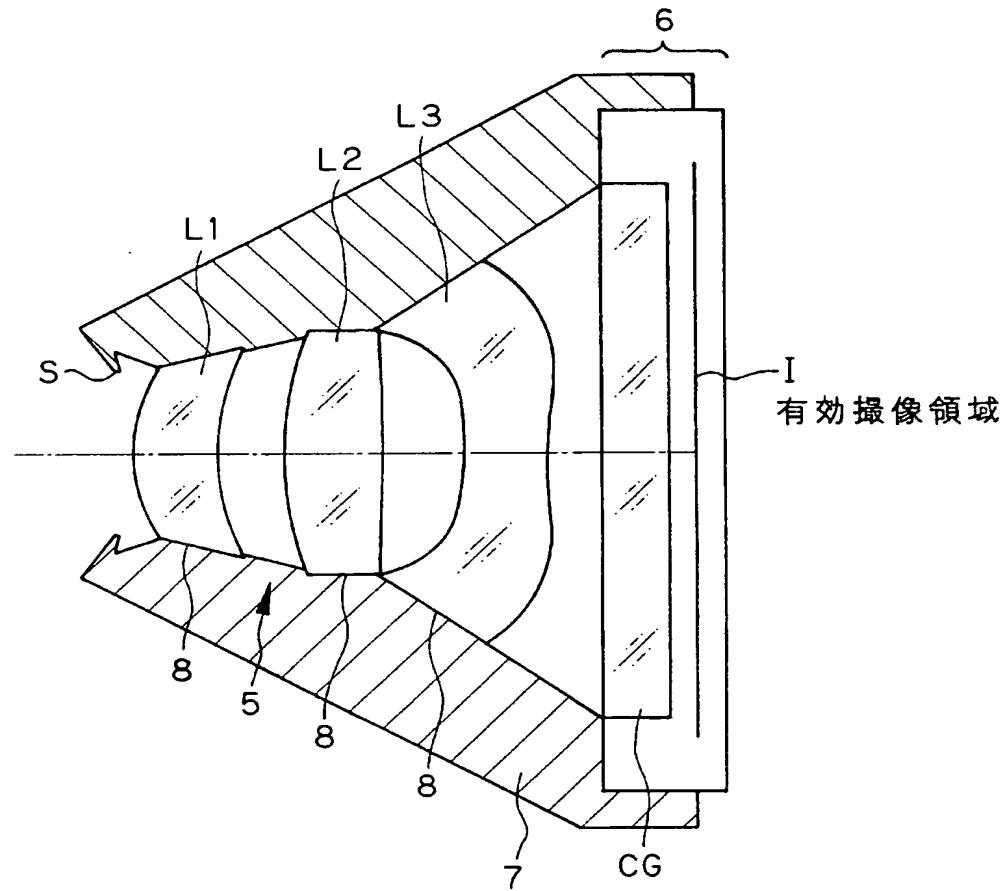
【図 9】



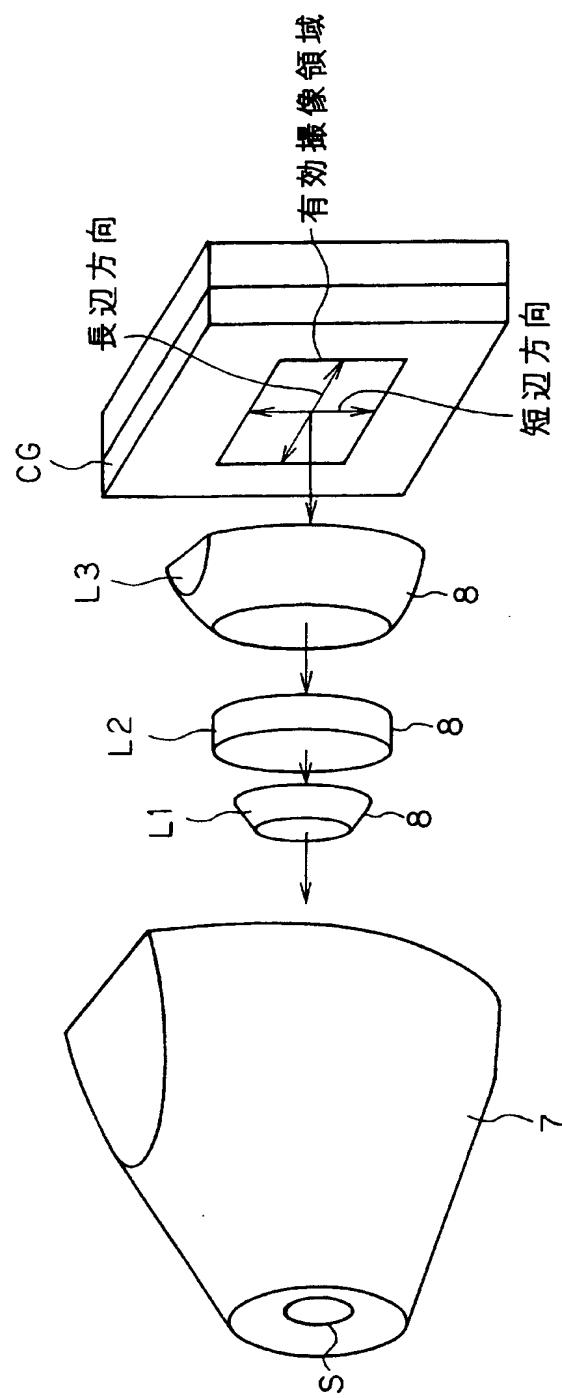
【図 10】



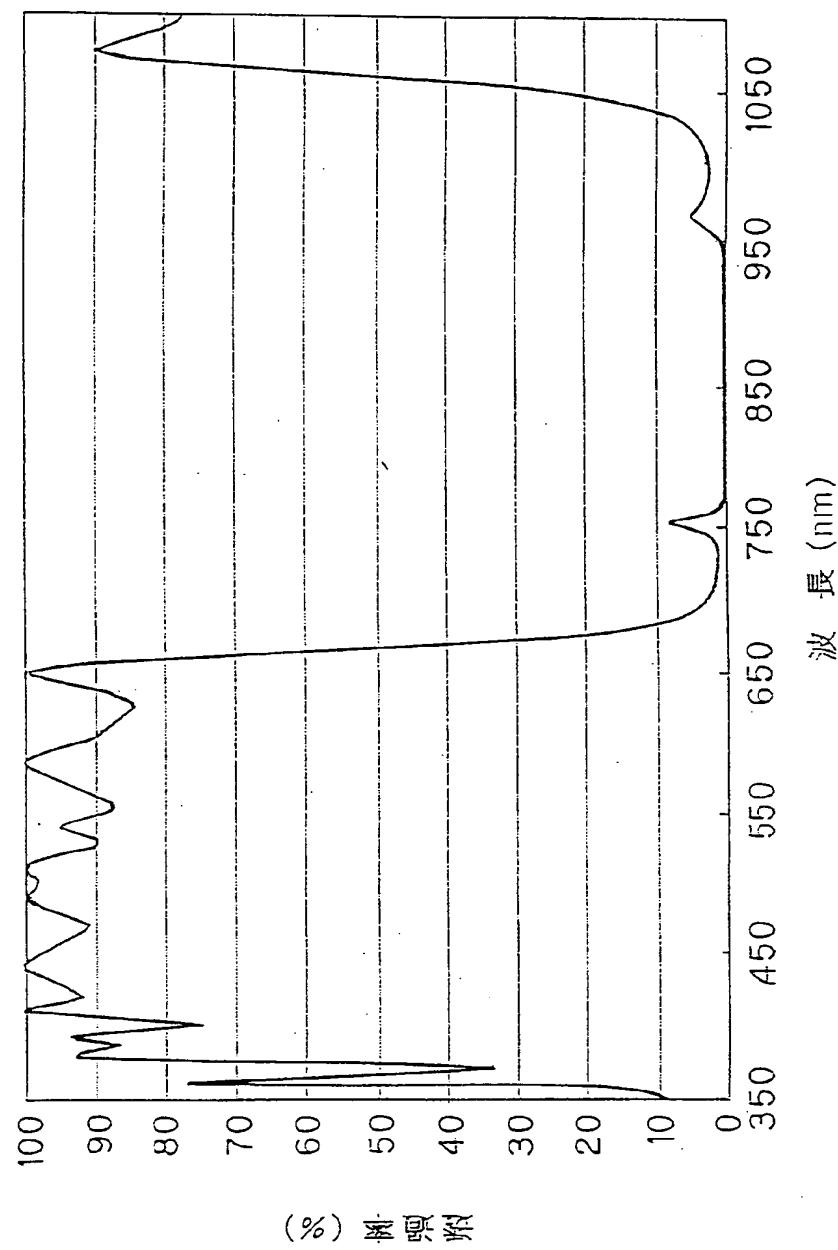
【図11】



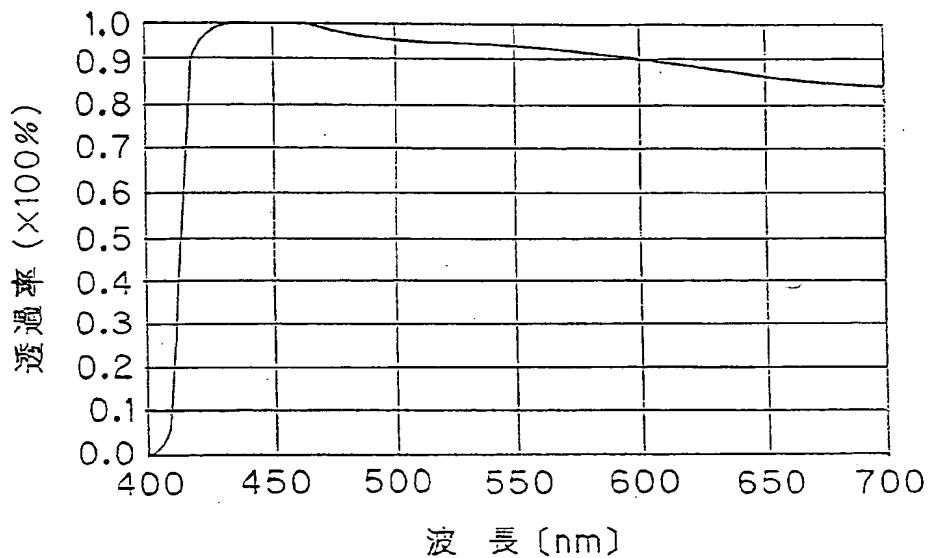
【図12】



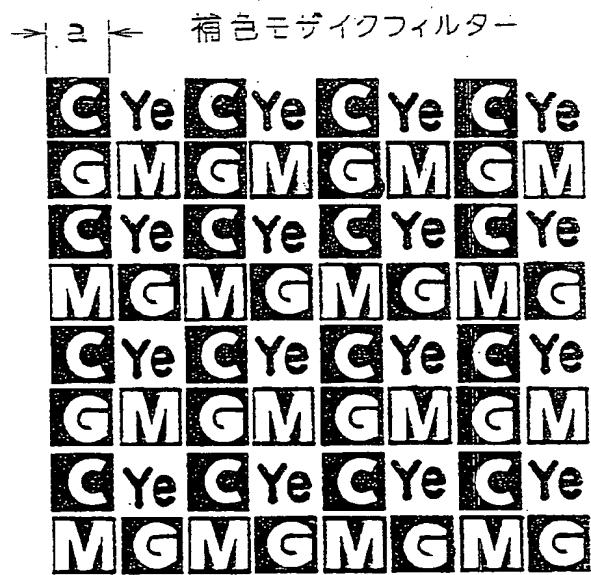
【図13】



【図14】

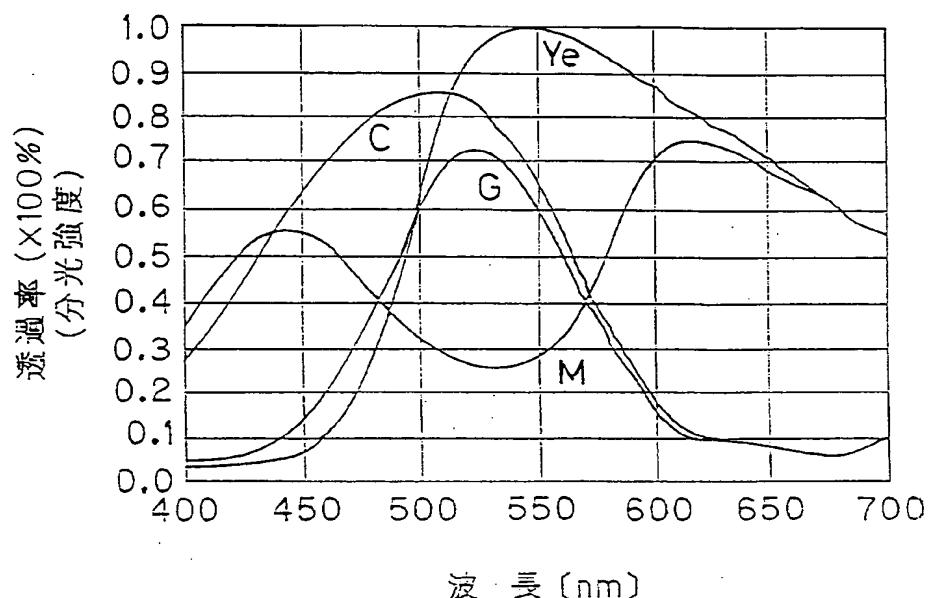


【図15】

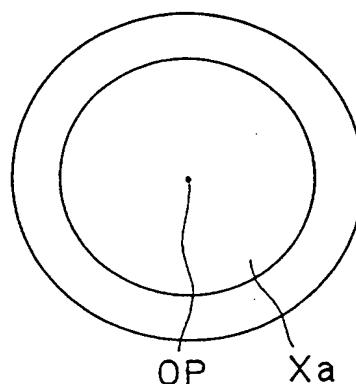


C:シアン M:マゼンタ
Ye:イエロー G:緑

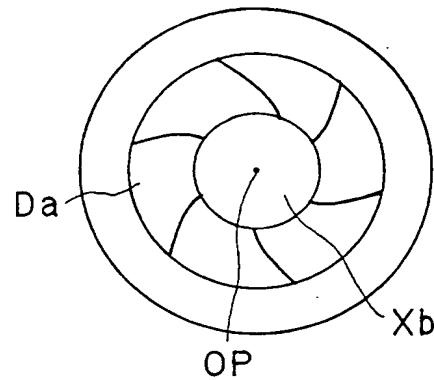
【図16】



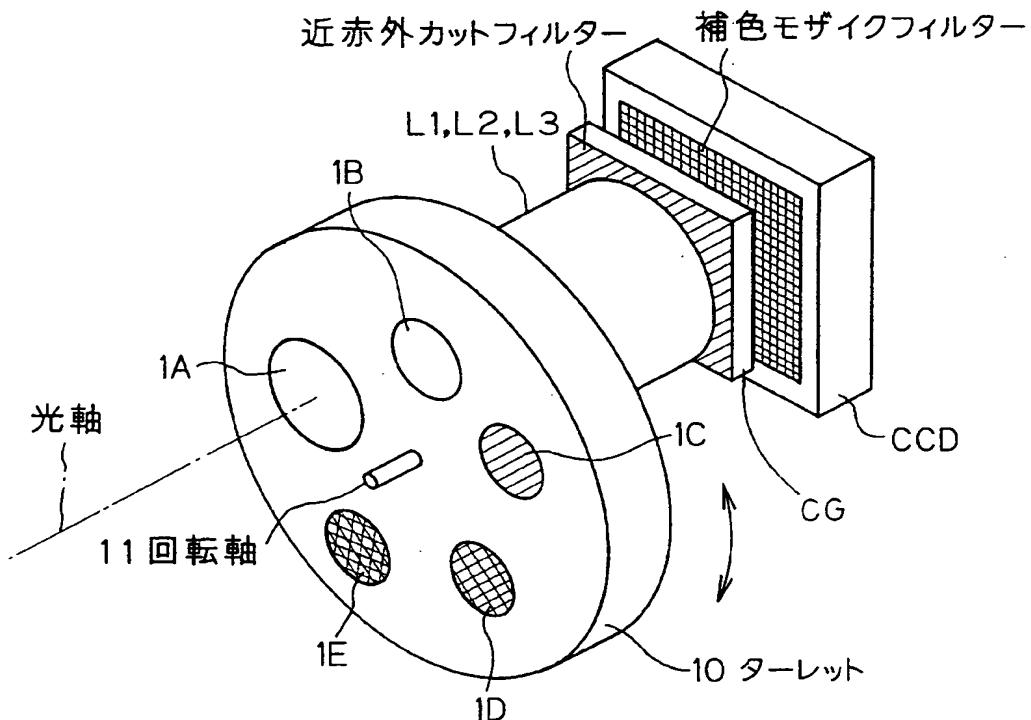
【図17】



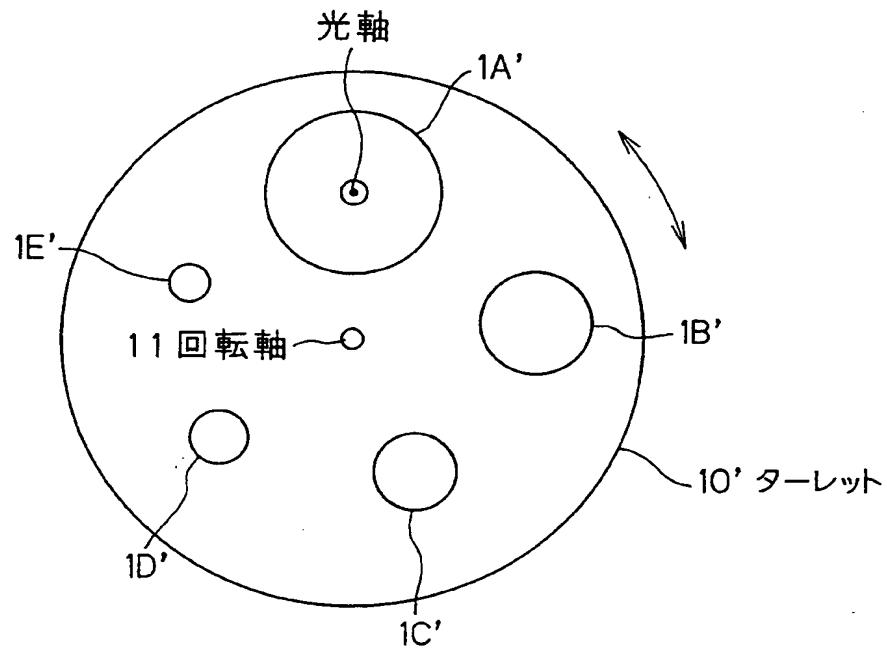
【図18】



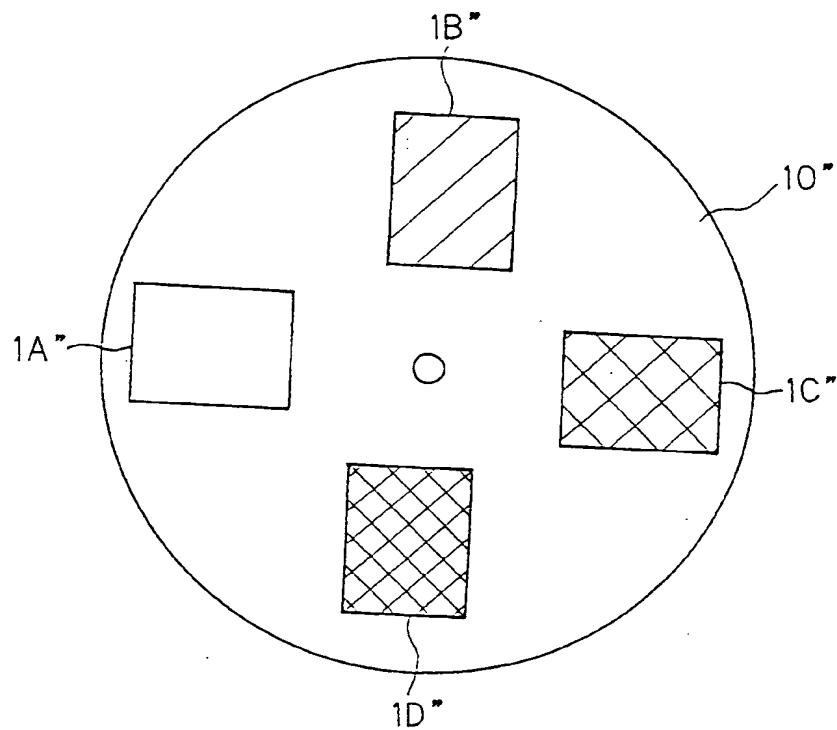
【図19】



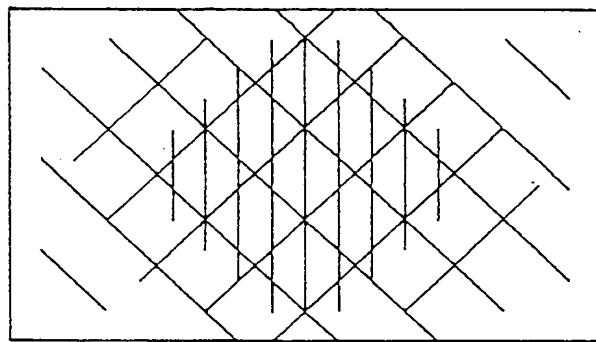
【図20】



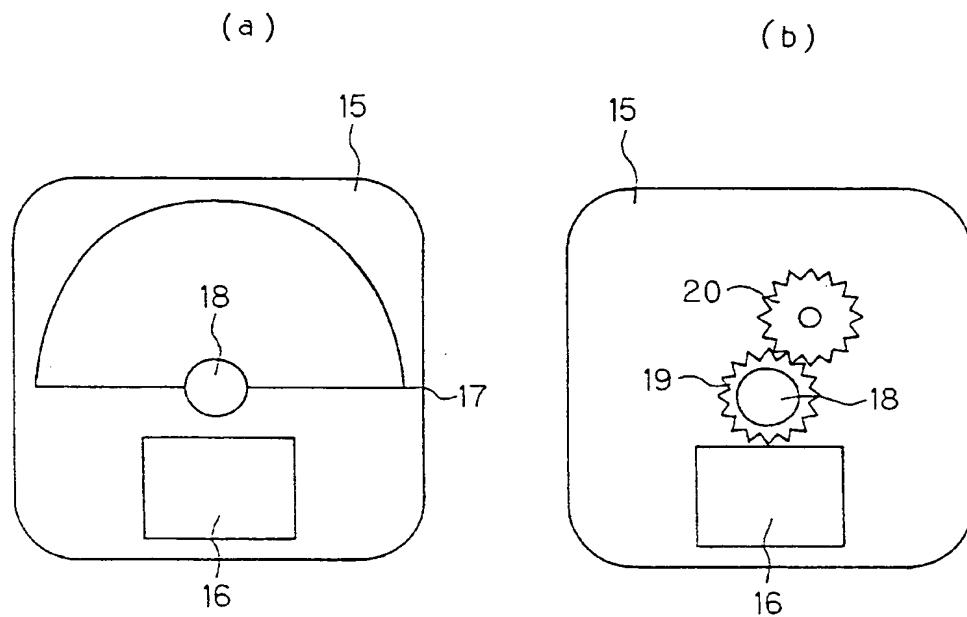
【図21】



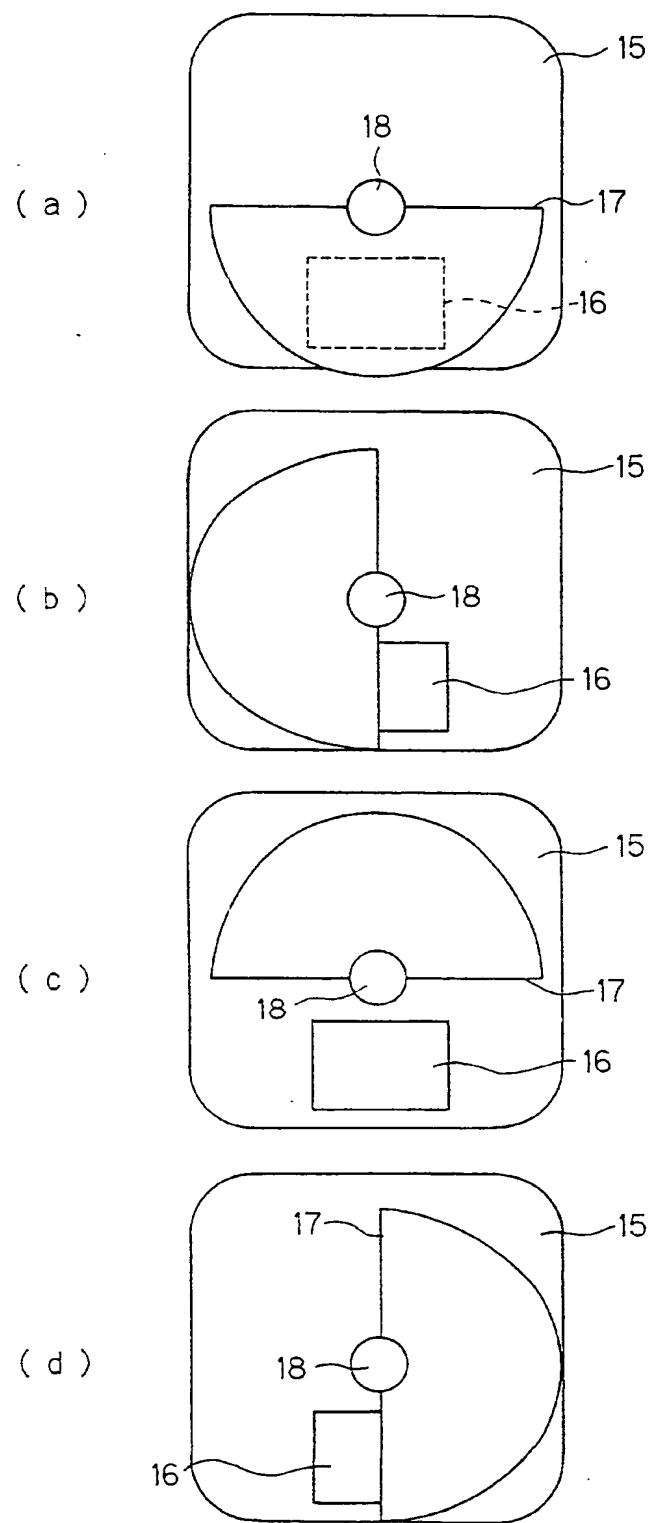
【図22】



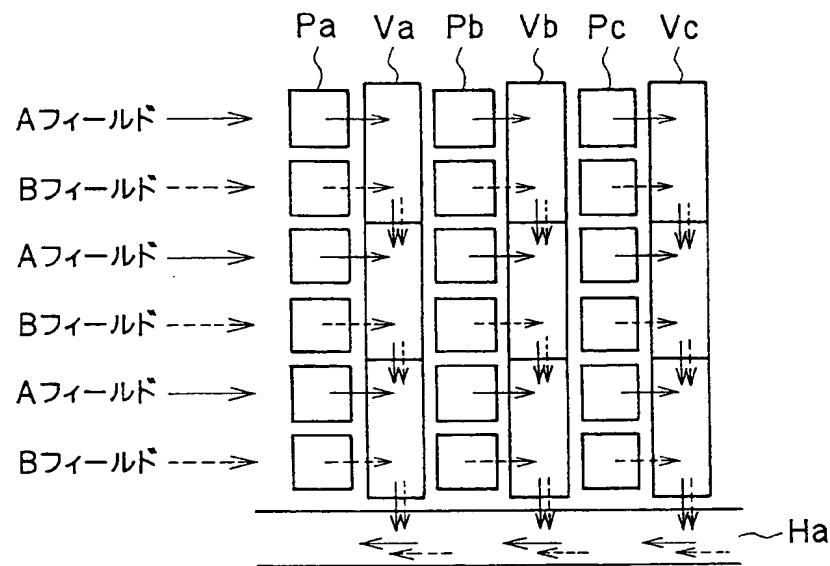
【図23】



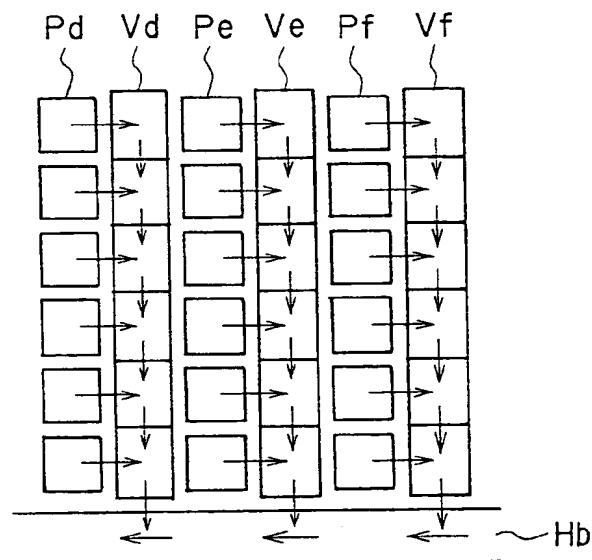
【図24】



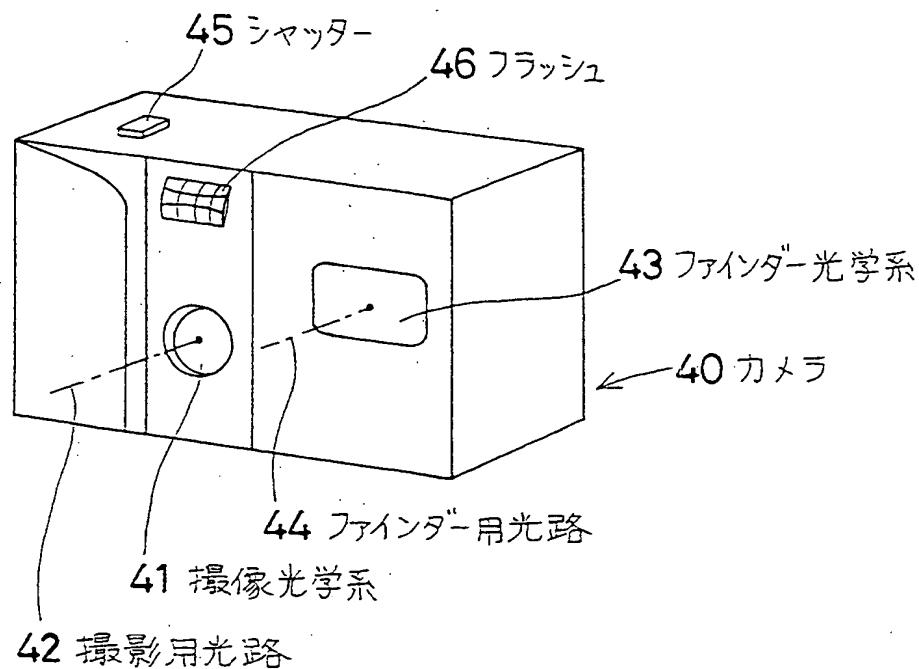
【図25】



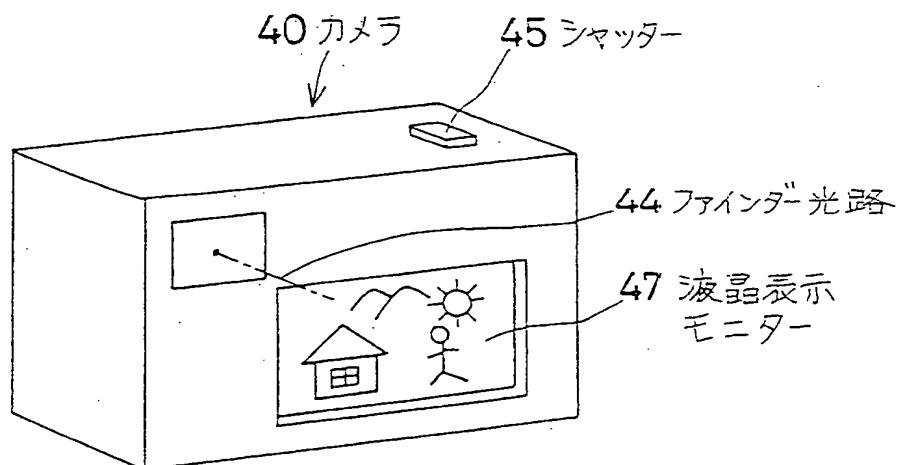
【図26】



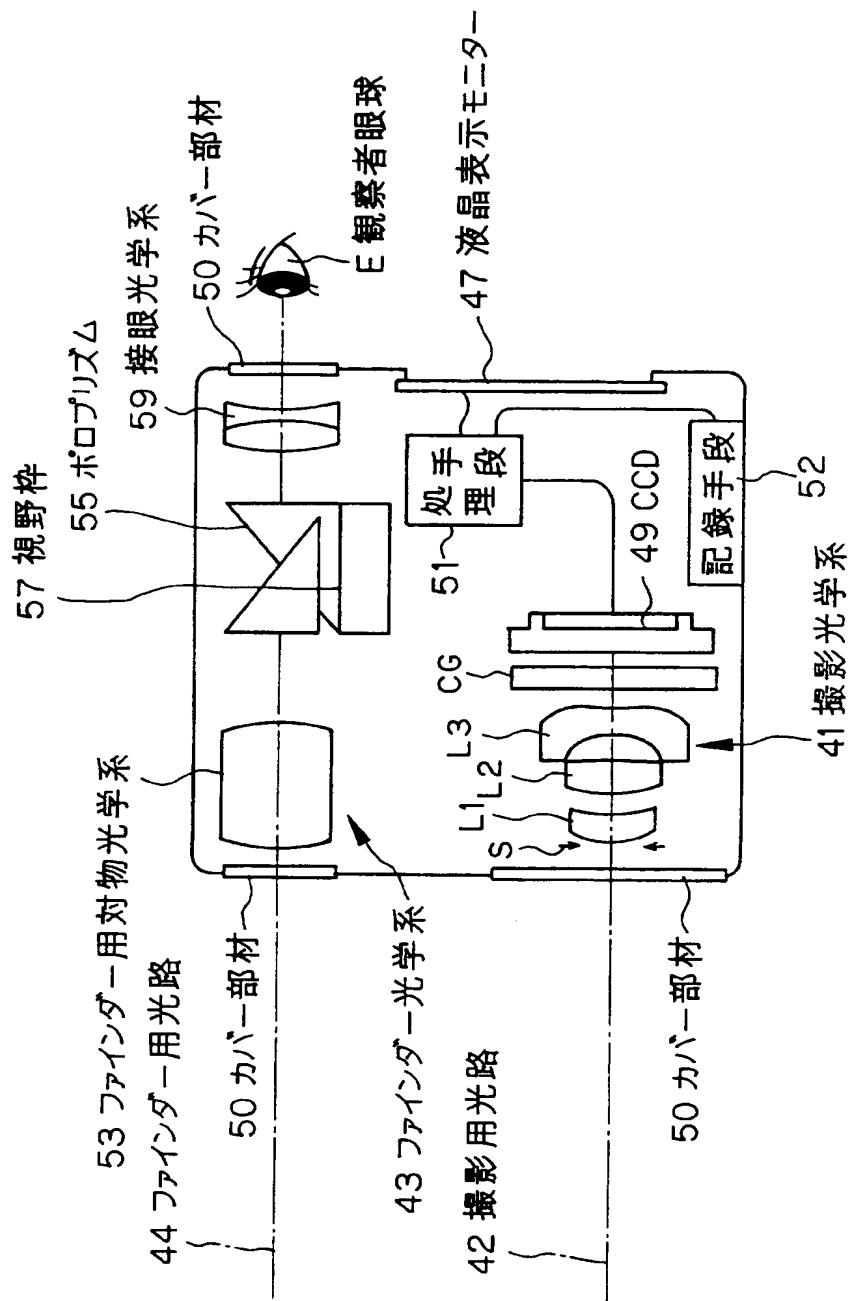
【図27】



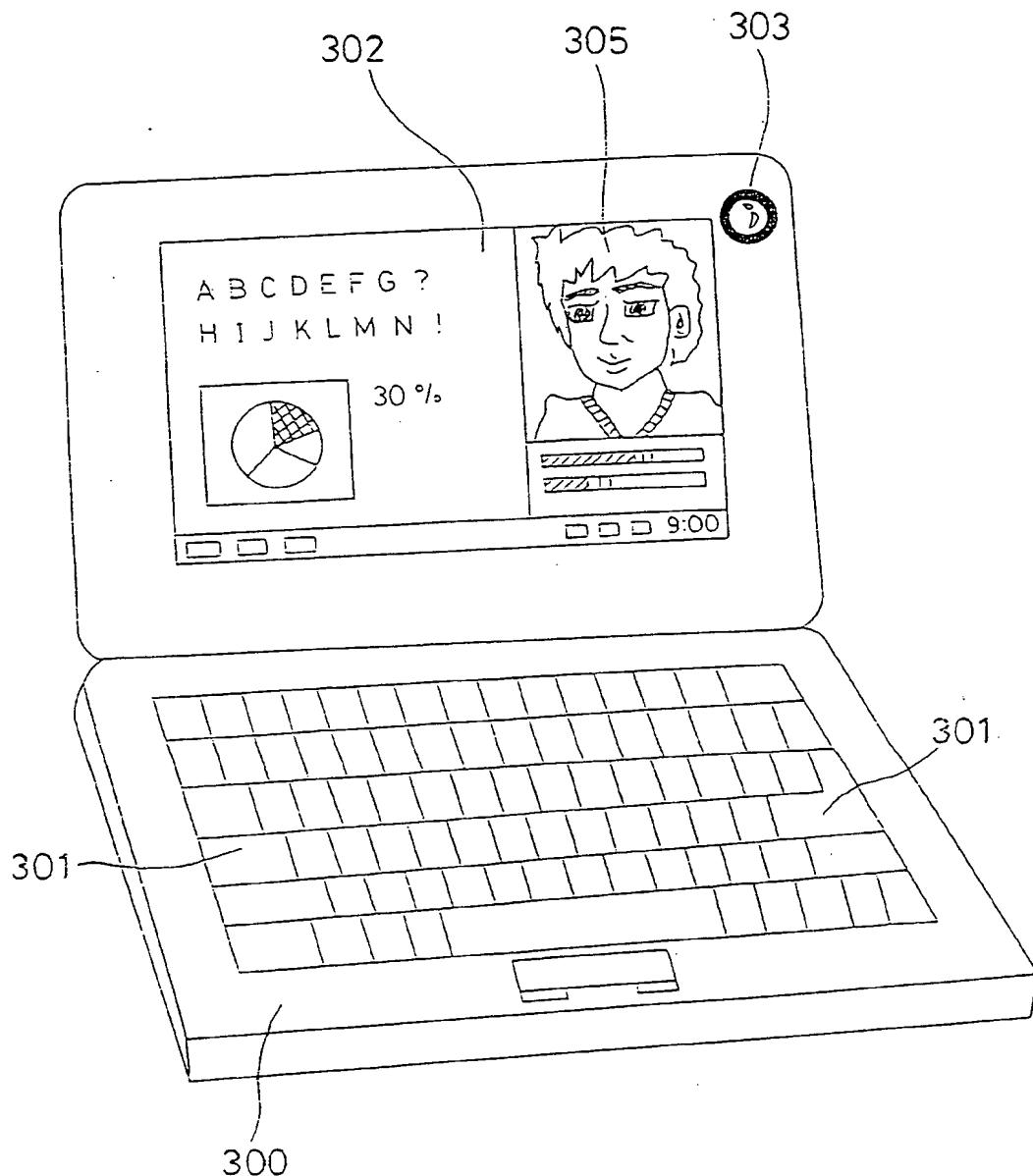
【図28】



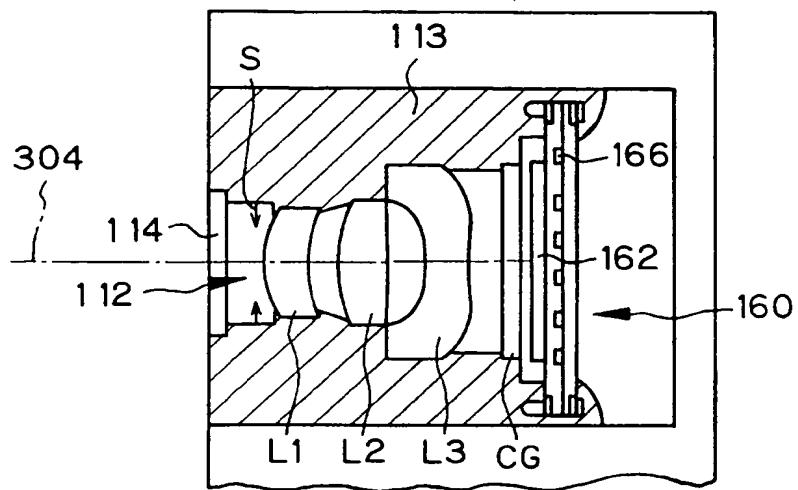
【图29】



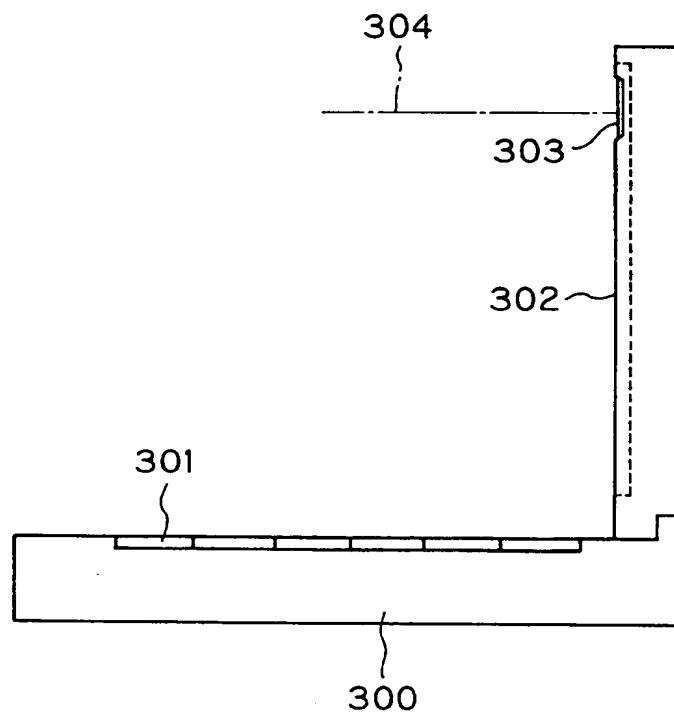
【図30】



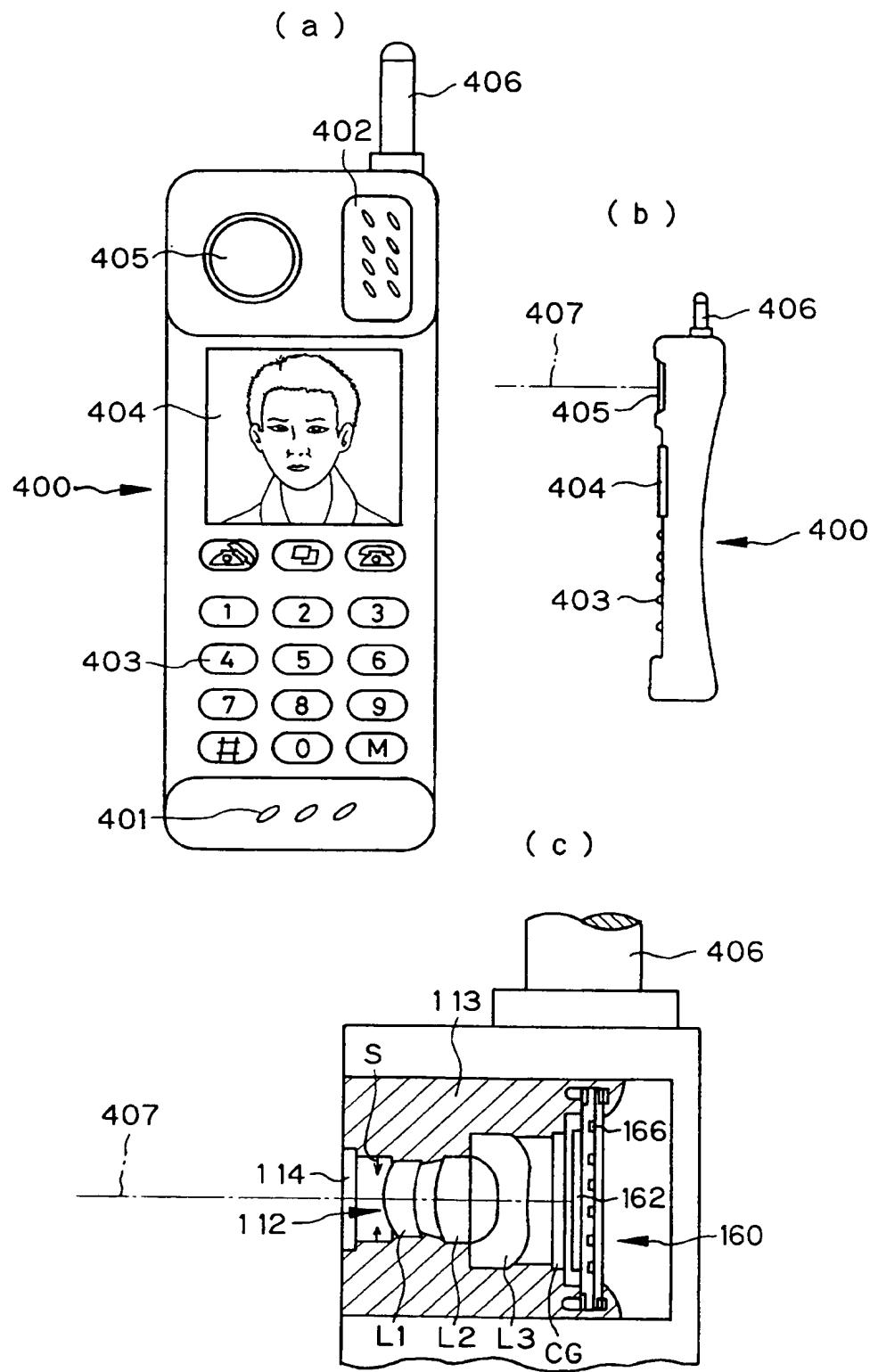
【図31】



【図32】



【図33】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高性能化と小型化を同時に満たす結像光学系及びそれを用いた撮像装置。

【解決手段】 物体側から順に、明るさ絞りS、物体側に凸面を向けた第1正メニスカスレンズL1、非球面を有する第2正レンズL2、非球面を有する第3負レンズL3の順に配置され、次の条件式を満たす結像光学系。

$$0.95 < \sum d / f < 1.25 \quad \dots (1)$$

ただし、 $\sum d$ 第1正メニスカスレンズL1の物体側の面から第3負レンズL3の像面側の面までの光軸上の距離、fは全系の焦点距離である。

【選択図】 図1

特願2003-101506

出願人履歴情報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリンパス光学工業株式会社

2. 変更年月日 2003年10月 1日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリンパス株式会社